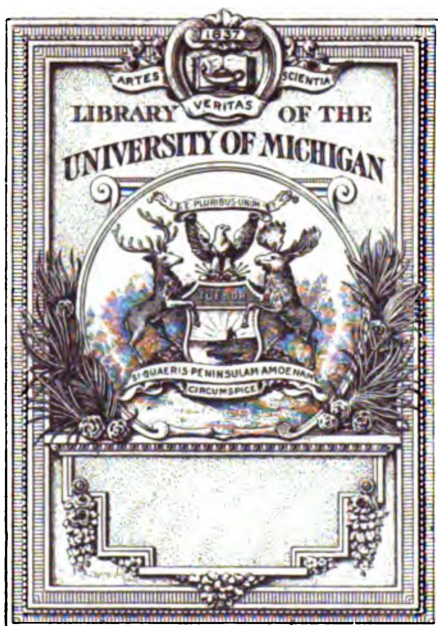



1837
ARTES
SCIENTIA
VERITAS
LIBRARY OF THE
UNIVERSITY OF MICHIGAN
E PLURIBUS UNUM
TUEBOR
SI QUAERIS PENINSULAM AMOENAM
CIRCUMSPICE

ANNALES
DES MINES,

OU

RECUEIL

DE MÉMOIRES SUR L'EXPLOITATION DES MINES

ET SUR LES SCIENCES ET LES ARTS QUI S'Y RAPPORTENT;

RÉDIGÉES

Par les Ingénieurs des Mines,

ET PUBLIÉES

Sous l'autorisation du Sous-Secrétaire d'État au ministère des Travaux Publics.

QUATRIÈME SÉRIE.

TOME X.

PARIS.

CARILIAN-GOEURY ET V

LIBRAIRES DES CORPS ROYAUX DES PONTS ET CHAUSSÉES ET DES MINES,

Quai des Augustins, nos 39 et 41.

1846.

COMMISSION DES ANNALES DES MINES.

Les *Annales des Mines* sont publiées sous les auspices de l'administration générale des Ponts et Chaussées et des Mines, et sous la direction d'une commission spéciale formée par le Sous-Secrétaire d'État au ministère des Travaux Publics. Cette commission est composée, ainsi qu'il suit, des membres du conseil général des mines, de l'inspecteur des études et des professeurs de l'École des mines, du chef de la division des mines, d'un ingénieur secrétaire, et d'un ingénieur secrétaire-adjoint :

M. Debette est spécialement chargé de la traduction des mémoires étrangers.

L'administration a réservé un certain nombre d'exemplaires des *Annales des Mines*, pour être envoyés, soit à titre de don aux principaux établissements nationaux et étrangers, consacrés aux sciences et à l'art des mines, soit à titre d'échange aux rédacteurs des ouvrages périodiques français et étrangers, relatifs aux sciences et aux arts. — Les lettres et documents concernant les Annales des Mines doivent être adressés, *sous le couvert de M. le sous-secrétaire d'État au ministère des travaux publics, à M. le secrétaire de la commission des Annales des Mines*, à Paris.

Avis de l'Éditeur.

Les auteurs reçoivent *gratis* 10 exemplaires de leurs articles. Ils peuvent faire faire des tirages à part à raison de 10 fr. par feuille pour le premier cent, et de 5 fr. pour les suivants.

La publication des *Annales des Mines* a lieu par cahiers ou livraisons qui paraissent tous les deux mois. — Les trois livraisons d'un même semestre forment un volume. — Les deux volumes composant une année contiennent de 80 à 90 feuilles d'impression, et de 18 à 24 planches gravées. — Le prix de la souscription est de 20 fr. par an pour Paris, de 24 fr. pour les départements, et de 28 fr. pour l'étranger.

PARIS. — IMPRIMERIE DE FAIN ET THUNOT, rue Racine, n. 28.

MÉMOIRE

Sur la distribution de l'or dans la plaine du Rhin et sur l'extraction de ce métal;

Par M. DAUBRÉE, Ingénieur des mines.

L'extraction de l'or du lit du Rhin remonte à une époque très-ancienne, car on connaît des chartes de 667 où le droit de faire ce lavage est accordé à un monastère à titre de donation, par Eth'con, duc d'Alsace (1). Il est même probable que le Rhin faisait partie des nombreuses rivières dont les Gaulois, d'après Diodore de Sicile, extrayaient l'or. **Introduction.**

Après avoir été active pendant le moyen âge, l'industrie de l'orpaillage diminua sur le Rhin, comme dans tout le reste de l'Europe, quand d'immenses importations de l'or du Nouveau-Monde eurent déprécié la valeur de ce métal.

Cependant, quelque peu importante que soit aujourd'hui la production de ce fleuve, comparativement à ce qu'elle a été ou à ce qu'elle pourrait être, le Rhin tient encore, ce me semble, une des principales places parmi les rivières aurifères de l'Europe; car, entre Bâle et Mannheim, on en extrait annuellement, en moyenne, pour environ 45.000 francs.

Divers mémoires, en tête desquels on peut citer celui de Réaumur (2), sur les rivières aurifères de la France, ont traité du lavage d'or du Rhin. Une **But du mémoire.**

(1) Grandidier. Histoire de l'église de Strasbourg, t. I, livre 4, p. 367.

(2) Essai de l'Histoire des rivières et des ruisseaux du

dissertation soutenue en 1776 à l'ancienne université de Strasbourg, par Treutlinger(1), fait connaître différents détails intéressants, particulièrement sur les lois et usages auxquels cette exploitation a été soumise depuis l'antiquité. Enfin, M. Kachel, directeur de la monnaie de Carlsruhe, a publié en 1838, dans le *Badensche landwirthschafftliches Wochenblatt* (2), un intéressant article sur le lavage d'or du Rhin.

Cependant les circonstances les plus importantes à considérer n'ont pas été examinées dans ces monographies. Ainsi la teneur en or des sables lavés n'est signalée nulle part; car le bénéfice moyen d'un orpailleur ne donne même pas une idée grossière de cette richesse, ni du degré de perfection du lavage.

Objet du mémoire.

Par une série d'expériences faites avec l'aide d'un laveur habile, j'ai déterminé : 1° le mode de distribution des paillettes d'or dans les diverses parties des atterrissements formés journellement par le fleuve; 2° la richesse en or des différentes variétés du gravier que l'on exploite, et même de celui que l'on regarde ordinairement comme tout à fait stérile; 3° puis, par une intégration approximative, j'ai évalué la quantité totale d'or enfoui dans le lit du Rhin. Il est de plus constaté, par les essais qui seront mentionnés plus loin, que l'or n'est pas seulement renfermé dans le lit actuel du Rhin, mais qu'une grande partie de la vaste plaine à laquelle le fleuve donne son nom est aussi aurifère.

---

royaume, qui roulent des paillettes d'or (Mémoires de l'Académie des sciences, 1718).

(1) De Aurilegio, præcipuè in Rheno. Argentorati, 1776.

(2) Die Goldwäscherei am Rhein (Journal cité, 14 et 21 septembre 1838).

Ce travail fait donc connaître plus exactement et contribue à mieux utiliser une des richesses minérales de la France, du duché de Bade et de la Bavière rhénane, sur laquelle on n'avait jusqu'ici que des données assez vagues. Quelques-uns des faits qui y sont consignés pourront servir en outre à éclairer les tâtonnements des orpailleurs des rivières, en général, et même de ceux beaucoup plus nombreux qui, en Sibérie et dans les deux Amériques, extraient l'or des dépôts de transport formés par d'anciens cours d'eau aujourd'hui disparus.

Nature du gravier du Rhin.

Le Rhin, entre Bâle et Bingen, serpente au milieu d'un large dépôt de gravier qui s'étend sur les deux rives, bien au delà du domaine actuel du fleuve. Ces cailloux sont de nature très-variée. Les roches quartzeuses y prédominent; on y trouve des quartzites blancs et jaunâtres, souvent entremêlés de mica ou de talc, qui leur donne la structure schisteuse, des grès quartzeux très-durs, du kieselschiefer traversé par des veines de quartz blanc, des roches amphiboliques ordinairement schisteuses, du granite, du porphyre, de la serpentine, du calcaire jurassique, du quartz à texture cristalline dont les échantillons hyalins sont connus depuis longtemps sous le nom de *cailloux du Rhin*. Un certain nombre de ces débris de roches proviennent, selon toute vraisemblance, des Vosges et de la Forêt-Noire; mais la plus grande partie, entre autres les quartz schisteux, sont d'origine alpine; une certaine quantité provient en outre de la chaîne du Jura et une très-faible fraction du massif volcanique du Kaiserstuhl.

La dimension moyenne des galets du Rhin diminue graduellement de l'amont vers l'aval; aux

environs de Bâle, leur poids moyen peut être évalué à 6 kilogrammes; près de Brisach, à 2k,5; près de Wittenweier, à 1k,5, et près de Goldscheuer, à 1k,2.

Disposition du lit du Rhin, et des atterrissements qu'il forme chaque jour.

Chaque jour le Rhin travaille à modifier son lit en corrodant certaines parties de ses rives; de là la formation de ces nombreux bancs de gravier et îles, entre lesquels il se partage. Les atterrissements de gravier vont ordinairement se former à quelques centaines de mètres au-dessous de la rive de la destruction de laquelle ils proviennent, et du côté dont s'éloigne le thalweg.

Malgré les travaux dont une partie du cours du fleuve est bordée, ces changements journaliers du Rhin sont considérables et quelquefois très-rapides; depuis les temps historiques, ils se sont opérés dans une zone qui, de Bâle à Vieux-Brisach, a 4 à 5 kilomètres de largeur; entre cette ville et Manheim ses excursions se sont faites sur une zone probablement plus large encore.

Il serait hors de propos de s'étendre sur ce sujet, les dépôts anciens et les dépôts modernes du Rhin devant former le sujet d'un travail spécial.

Région aurifère du cours du Rhin.

L'or a été exploité dans quelques parties du cours supérieur du Rhin, au-dessus de Constance, entre autres près de Coire et de Mayenfeld (1); aux environs de Waldshut, non loin du confluent de l'Aar, ce métal a été aussi extrait du lit du fleuve à plusieurs époques; mais c'est surtout de Bâle jusqu'à Mannheim, c'est-à-dire sur une longueur d'environ 250 kilomètres, que le Rhin est régulièrement aurifère. Un ancien auteur (2) cite aussi

(1) Thurneisser. Von kalten, warmen, minerischen, und metallischen Wassern; lib. 6, cap. I.

(2) Thurneisser. Même ouvrage.

Mayence comme une des villes aux environs desquelles on a exercé l'orpaillage.

Quelques exploitations sont disséminées entre Waldshut et Vieux-Brisach.

Le fleuve n'est cependant pas également riche dans toute l'étendue de la plaine qui porte son nom. A partir de Waldshut, jusqu'à 15 kilomètres environ au-dessous de Bâle, il n'y a pas de lavage, le courant du fleuve y est trop rapide pour permettre aux paillettes d'or et au sable de moyenne grosseur de s'accumuler au milieu des cailloux; dans les environs d'Istein, puis dans les banlieues de Nieffern sur la rive gauche, de Petit-Kembs et Rheinwiller sur la rive droite, on rencontre de temps à autre des orpailleurs. Aux environs de Nambseim, de Geisswasser et de Vieux-Brisach, le gravier est quelquefois très-riche, mais sa richesse est fort irrégulièrement disposée.

L'exploitation régulière est particulièrement concentrée entre Rhinau et Daxland.

C'est principalement plus bas, à partir de Rhinau et de Wittenweier, c'est-à-dire à environ 100 kilomètres de Bâle, que les exploitations ont toujours été nombreuses, et elles se sont particulièrement concentrées depuis quelques kilomètres à l'amont de Kehl, jusqu'à Daxland, près Carlsruhe.

Partout où le fleuve ne roule plus de gros gravier, comme entre Spire et Mayence, l'or paraît être extrêmement rare. Le régime du cours du Rhin considéré entre le lac de Constance et Bingen, qui est favorable à la fixation des paillettes d'or, est donc celui de la partie moyenne où les atterrissements se composent d'un mélange de sable et de gravier.

Des deux côtés du Rhin, le sable est également

(1) Kachel. Mémoire cité plus haut.

aurifère; ce qui a pu faire croire que la rive droite est plus riche, c'est qu'il y a plus de laveurs sur cette rive que sur la rive gauche, et que d'ailleurs un grand nombre de banlieues françaises sont affermées par des Badois.

Avant de parler de la distribution de l'or dans les atterrissements, il convient d'indiquer succinctement les procédés de lavage généralement employés.

Procédé pour reconnaître par un essai rapide si un gravier est exploitable.

Il suffit d'un lavage très-rapide pour que l'orpailleur du Rhin constate approximativement le degré de richesse d'un gravier donné.

Il a pour cela une pelle de fer, munie d'un long manche, qui ne diffère des pelles ordinairement employées pour enlever les matières meubles que par une courbure assez forte pour qu'elle puisse contenir une certaine quantité d'eau. Cette pelle a ordinairement $0^m,40$ de longueur sur $0^m,35$ de large. Après qu'il a chargé dessus 4 à 4,5 kilogrammes de gravier, il l'agite à fleur d'eau, et enlève immédiatement à la main les gros cailloux. Puis l'instrument recevant un mouvement de rotation convenable, tout en restant faiblement incliné, la partie légère du sable est bientôt entraînée par l'eau en dehors de la pelle. Alors l'ouvrier enlève à la main les petits cailloux qui y sont restés, et, après avoir recommencé le mouvement rotatoire pendant quelques instants, il n'a bientôt plus qu'un sable noir riche en fer titané; en y regardant de très-près, un œil exercé reconnaît immédiatement le nombre des paillettes d'or disséminées dans ce résidu.

Cette expérience préliminaire, qui dure trois à quatre minutes, fait voir au laveur s'il doit exploiter le banc où il s'est arrêté, et dans ce cas

quel sera le produit de sa journée. Quand le nombre de paillettes est supérieur à 10 ou 12, il peut compter au moins sur 1 fr. 50 c. pour sa journée; il installe alors son petit atelier qui le suit partout dans une nacelle.

Avant même que les paillettes aient été comptées, on peut soupçonner la richesse du gravier par la quantité de sable ferrugineux que l'on a obtenu, car partout, dans le Rhin, on observe que la richesse en or est proportionnelle à la richesse en fer titané. Là où il ne reste que très-peu de grains noirs, il est superflu de chercher à constater la richesse en or. Proportionnalité de la richesse en or à la quantité de fer titané.

Il est essentiel que le lavage d'essai soit rapide; car la répartition de l'or variant brusquement, ces essais doivent être réitérés assez fréquemment, lors même que l'on est déjà établi sur un banc de gravier en grande partie exploitable.

L'emploi de la force centrifuge pour le lavage sur la pelle me paraît ici beaucoup plus rapide que le mouvement d'oscillation que l'on emploie ordinairement dans les laboratoires pour les lavages à l'augette. Mode de lavage par mouvement rotatoire employé dans ces essais.

Pour imiter la manœuvre des laveurs du Rhin, j'ai fait construire une augette en bois (*Pl. I, fig.* 1), qui diffère de celle ordinairement employée dans les laboratoires (1), en ce qu'au lieu d'être rétrécie vers son orifice, elle est au contraire faiblement évasée; en outre, elle a un manche. Après avoir chargé au plus 500 grammes on débourbe, puis on fait tourner avec lenteur d'abord, puis plus vite, sous quelques centimètres

(1) Le mode ordinaire de lavage à l'augette ordinaire est décrit avec tous ses détails par M. Berthier (Traité des essais par la voie sèche, t. I, p. 19.)

d'eau; comme dans la manœuvre de la pelle, toutes les parties lourdes se concentrent bientôt sur l'augette.

Son avantage sur le procédé ordinairement employé.

Ce procédé fondé sur l'emploi de la force centrifuge m'a suffi pour déterminer la teneur en or du gravier du Rhin, même dans les endroits où il est le plus pauvre, ce qui m'était impossible avec les augettes ordinaires; il a encore sur le procédé décrit dans les traités de chimie l'avantage de pouvoir être exécuté partout, au bord d'une rivière quelconque, comme dans un baquet d'eau, sans avoir besoin d'un filet d'eau courante. Il est donc éminemment utile pour ceux qui s'occupent, sur le terrain même, de l'étude de sables métallifères.

Quand on destine cette augette à la recherche de l'or ou du platine, il convient que le bois soit noir, afin que les petites paillettes y soient plus facilement observables.

Procédé de lavage.

Depuis longtemps le procédé de lavage des orpailleurs du Rhin n'a guère subi de modification; car aujourd'hui il est encore à peu près tel qu'il a été décrit en 1582 par Heberer, qui l'avait vu pratiquer à Seltz (1), et par Réaumur (2).

Voici en peu de mots en quoi il consiste : on se sert d'une table inclinée, ayant 2 mètres de longueur sur 1 mètre de large, laquelle est couverte d'un drap de laine à longs poils (*Pl. I*, *fig.* 2). Elle est inclinée à l'horizon de 10 à 12°. A la tête de la table se place une claie d'osier ou de cornouiller, dont les baguettes sont espacées de 2 centimètres; après que l'orpailleur a chargé du gra-

(1) Treutlinger, mémoire cité.
(2) Réaumur, mémoire cité.

vier sur cette claie, il l'arrose avec de l'eau qu'il a puisée dans un baquet à manche; il fait ainsi passer à travers la claie et sur la table tous les cailloux de moins de 2 centimètres. Les gros cailloux qui s'y arrêtent sont immédiatement rejetés.

Le sable fin et les paillettes d'or restent, pour la plus grande partie, fixés dans la laine; quant aux cailloux moyens, la plupart roulent immédiatement au bas de la table; les autres sont chassés avec une baguette : après avoir plusieurs fois chargé du gravier et répété l'opération qui vient d'être indiquée, le laveur agite pendant quelques minutes la flanelle de la table dans un cuveau rempli d'eau, de manière à faire sortir les grains de sable et l'or qui sont engagés dans le tissu. Un lavage rapide par décantation, qu'il opère en imprimant au cuveau un mouvement de rotation alternatif, enrichit encore ce sable. C'est dans cet état qu'il est transporté au domicile de l'orpailleur où il est purifié dans un vase en bois de la forme d'un bateau, que l'on appelle effectivement *schiff*, près de Seltz, et *sass*, dans le pays de Bade (*Pl. I*, *fig*. 3).

Drap qui garnit la table; sa doublure.

Le drap dont on se sert ici est connu dans le pays sous le nom de *drap de Souabe* (schwabentuch); c'est celui dont les Tyroliens et les rouliers allemands se servent pour manteaux. Celui qui garnit une table peut servir un an, si on le retourne quand un des côtés est usé.

Les paillettes d'or qui tombent de la claie sont entraînées avec assez de force, par la chute de l'eau, pour s'introduire profondément dans le drap; beaucoup d'entre elles traversent même complétement ce drap, et sont arrêtées par une toile de fil sur laquelle repose le tissu de laine; cette doublure n'est nécessaire qu'au-dessous même

de la claie : la plus grande partie de l'or va se fixer à l'extrémité aval du grillage.

Quantité de gravier lavé dans une journée.

Pendant une journée de douze heures, l'ouvrier peut charger 400 à 500 fois sa table, chaque fois avec cinq pelletées de gravier : une pelletée contenant en moyenne 0,002 mètre cube, cela fait un total d'environ 4 mètres cubes pour la quantité de sable qu'il peut traiter par jour.

Perte au lavage.

Dans la première opération, un laveur exercé perd environ un dixième de l'or contenu dans du gravier de richesse moyenne. Cette perte pourrait être diminuée, si la table avait une inclinaison moindre; mais aussi les cailloux descendraient plus difficilement, et le traitement serait moins rapide. Dans le lavage de concentration, il n'y a d'entraîné hors du schiff que quelques paillettes de métal.

Amalgamation.

Après avoir ajouté au sable une quantité de mercure égale en poids au quadruple de la quantité d'or qu'il présume être contenu dans le sable, l'orpailleur triture ce mercure à la main dans le bateau, afin de déterminer la formation de l'amalgame; puis, pour rassembler les gouttelettes éparses en un globule unique, il ajoute de l'eau au sable amalgamé, et imprime au tout un mouvement d'oscillation; cette seconde opération se fait dans un bateau en bois de saule ou de peuplier, plus grand que le bateau de lavage, qui est suspendu par son milieu à une ficelle fixée au plafond. Il presse l'amalgame dans une peau de chamois, puis il soumet à la distillation la gouttelette qu'il a obtenue. On opère sur environ 25 kilogrammes de sable. Tout le mercure emporté par la distillation est ordinairement perdu, malgré la facilité avec laquelle on pourrait le recueillir.

Distribution de

Tout le lit du Rhin est aurifère, à peu d'excep-

tions près; mais cet or, chaque fois qu'il est transporté par l'eau avec les cailloux au milieu desquels il est disséminé, va se concentrer spécialement dans certaines positions qu'il importe de savoir reconnaître *à priori*. Voici les règles dont j'ai reconnu la généralité au moyen d'essais directs :

L'or dans les atterrissements du Rhin.

1° Les bancs nommés *Goldgründe*, auxquels l'orpailleur doit particulièrement s'adresser, sont ceux formés à quelque distance à l'aval d'une rive ou d'une île de gravier corrodée par le courant; ces bancs résultent par conséquent d'un transport du gravier, tantôt sur quelques mètres seulement, tantôt sur 1.000 ou 1.500 mètres de distance. C'est dans une zone étroite qui termine les bancs vers *l'amont*, que pour abréger on peut appeler leur *tête*, que se trouvent particulièrement accumulées les paillettes, presque toujours au milieu de gros cailloux ; toutefois cette richesse exceptionnelle ne s'étend qu'à une faible profondeur qui ne dépasse guère 15 centimètres. Ce fait est généralement connu des orpailleurs. La *fig.* 5, *Pl. I*, montre un cas où ce dépôt riche s'est opéré immédiatement à l'aval de la rive corrodée; (A, gravier pauvre; la partie A′ de cette berge a été transportée vers l'aval, de manière à former le banc B, où la richesse s'est concentrée en *abc*. Les bancs de petite dimension peuvent être aurifères aussi bien que les plus étendus.

2° Les digues artificielles entre lesquelles coule le Rhin sur une partie de son cours, au-dessous de Kehl, sont entaillées par des coupures, ou *passes*, qui sont destinées à donner passage aux hautes eaux, afin qu'elles aillent déposer des ensablements au delà de ces digues. Les atterrissements ainsi formés derrière les digues par un courant latéral ren-

forment aussi des parties riches au milieu du gros gravier.

3° Les bancs qui se forment au milieu du fleuve loin de leur point de départ sont en général peu riches.

4° Dans les bancs les plus pauvres, dont on essaye la teneur sur un grand nombre de points, on trouve cependant aussi, en dehors des positions qui viennent d'être signalées, des zones étroites et allongées de gravier riche. Ces accumulations restreintes de paillettes métalliques correspondent ordinairement à de petits remaniements faits pendant ou après la formation du banc; ainsi il n'est pas rare de rencontrer de ces zones riches au pied des talus terminaux qui limitent un banc à l'aval, comme l'indique la *fig.* 4, *Pl. I.* (*mnp*, profil d'un banc de gravier pauvre terminé à l'aval par le talus *np*; *ab*, niveau moyen du fleuve; *pr*, petit atterrissement riche.)

5° Jamais je n'ai trouvé la moindre trace d'or dans le sable fin privé de cailloux que le Rhin dépose encore journellement dans ses crues. On ne rencontre même dans ce sable fin que des traces de fer titané et du quartz rose, qui accompagne toujours l'or.

Quelle que soit leur position dans le fleuve, les paillettes d'or sont associées à des cailloux, dont la grosseur est en général en rapport avec la dimension des paillettes qu'ils accompagnent. Le résidu du lavage du gravier aurifère contient toujours du fer titané, dont la quantité est proportionnelle à la quantité d'or : du quartz rose accompagne aussi les paillettes, ainsi qu'on l'a fait observer plus haut. Mais ces deux substances sont en trop petite quantité pour que la cou-

leur en décèle la présence dans le sable non lavé.

Il convient que l'orpailleur aille immédiatement après chaque crue exploiter les bancs aurifères, puisqu'un atterrissement riche peut disparaître dans la crue suivante. Il paraît que lors même qu'un banc ne serait pas emporté par les hautes eaux, il peut s'appauvrir quand il a été souvent submergé, parce qu'alors les cailloux, étant déchaussés, les paillettes d'or sont emportées au loin.

La présence constante des gros graviers à la surface des bancs résulte probablement de ce que l'eau en baissant balaye le gravier menu et le sable. On admet que les îles sont d'autant plus riches que l'eau s'est retirée plus lentement.

Teneur en or de diverses variétés de gravier.

La teneur en or des graviers appartenant aux principaux gisements a été déterminée avec l'aide d'un laveur que j'ai établi sur chaque point pour une journée; je pesais les quantités d'or et de fer titané extraites de volumes déterminés de gravier (1).

Plus tard, je me suis aussi contenté d'essais en petit; car le nombre et la grosseur des paillettes qui restent sur la pelle d'essai donnent une idée très-approximative de la richesse d'un gravier, si on prend la moyenne de quatre à cinq expériences. J'ai constaté que la richesse reconnue ainsi concorde, à très-peu près, avec celle déduite du lavage en grand.

Voici les résultats principaux d'expériences faites sur du gravier du Rhin de différentes richesses (voir le tableau de la page suivante) :

---

(1) Pour plusieurs de ces mesures, j'ai été aidé par M. Faller, conducteur des Ponts-et-Chaussées, attaché aux travaux du Rhin.

***RÉSULTATS** d'expériences faites sur la richesse de diverses variétés de gravier aurifère du Rhin.*

INDICATION des DIVERSES VARIÉTÉS.	SURFACE du GRAVIER enlevé pour l'expérience.	PROFONDEUR moyenne de la fouille.	VOLUME du GRAVIER lavé dans une journée de neuf heures.	POIDS du même GRAVIER.	QUANTITÉ DE SABLE aurifère propre à l'amalgamation fourni par chaque expérience.	QUANTITÉ D'OR obtenu.	RICHESSE DU GRAVIER. (Rapport du poids de l'or au poids total.)	NOMBRE MOYEN de paillettes indiqué à l'essai, sur la pelletée de 4 à 4,50 kilogrammes.	QUANTITÉ D'OR contenu dans un mètre cube.	VALEUR de l'or obtenu en neuf heures de travail.	OBSERVATIONS.
	mèt. car.	mètres.	m. cub.	kilogr.	kilogr.	gram.			gram.	francs.	
Première qualité. .	23,00	0,15	3,45	6210	10,1	3,49	0,000 000 562	70 à 80	1,011	11,129	Le poids du gravier moyen mélangé de sable, près de Strasbourg, doit être évalué à 1.800 kilogrammes le mètre cube d'après différentes pesées.
Deuxième qualité.	48,00	0,07	3,36	6048	9,5	1,47	0,000 000 243	25 à 30	0,438	4,687	—
Troisième qualité. (Moyenne des sables exploités).	36,00	0,09	3,24	5830	6,9	0,76	0,000 000 132	10 à 12	0,234	2,423	(1) C'est-à-dire trois paillettes sur quatre pelletées ; ces paillettes du gravier pauvre sont les plus petites.
Quatrième qualité. (Minimum habituel).	11,14	0.28	3,09	5562	1,25	0,045	0,000 000 008	3/4 (1)	0,0146	0,143	

Le gravier de première et celui de seconde qualité ont été rencontrés à la tête de bancs littoraux formés à peu de distance à l'aval de rives corrodées, dans les circonstances qui ont été mentionnées plus haut (page 13, 1°).

Il est rare que la richesse dépasse celle de 0,000 000 562 indiquée en tête du tableau précédent (1), et je crois que nulle part elle n'atteint celle de 0,000 000 7; ainsi la richesse maxima du gravier du Rhin est au-dessous de 7 dix-millionièmes. Les bancs de cette teneur ne s'étendent pas ordinairement sur plus de 200 à 300 mètres carrés, leur épaisseur est de 10 à 20 centimètres.

Le sable que l'on exploite habituellement a une richesse moyenne qui varie de 13 à 15 cent-millionièmes, c'est-à-dire qu'elle est le quart ou le cinquième de la richesse maxima.

Enfin, en lavant du gravier pris au hasard dans le lit du Rhin, et considéré par les orpailleurs comme stérile, j'ai reconnu que ce gravier a une teneur d'environ 0,000 000 008 ou 8 billionièmes. Tel est, d'après de nombreux essais, le chiffre qui me paraît devoir être admis pour la richesse moyenne du gravier du Rhin, entre Rhinau et Philippsbourg.

La neuvième colonne du tableau peut servir de tarif pour reconnaître la richesse réelle, en comptant le nombre des paillettes que l'on obtient par un lavage en petit. Il est évident que ce résultat n'est applicable que pour le Rhin où les paillettes ne diffèrent jamais que très-peu par leur épaisseur, et qu'il faut, en tous cas, avoir assez

(1) Près de Vieux-Brisach, on a trouvé une veine de gravier d'une richesse de 0,000 000 6.

d'habitude pour tenir compte aussi de leur diamètre moyen.

Les laveurs savent que 12 à 15 paillettes trouvées sur la pelletée de 4^k,5 correspondent à un bénéfice de 1 fr. 50 c. à 1 fr. 75 c. pour leur journée.

Quantité de sable et de cailloux contenus moyennement dans le gravier aurifère.

Il se trouve ordinairement dans le gravier aurifère beaucoup de gros cailloux de grosse dimension; car 40 à 50 pour 100 du volume total de ce gravier restent sur la claie d'osier dont les bâtons sont espacés de 2 centimètres. La richesse du sable aurifère débarrassé des gros cailloux par le premier triage est donc environ double de celle donnée plus haut (page 16, 8e colonne); pour la moyenne des sables exploités, cette teneur serait de 0,000 000 264.

Exemple de la disposition de ces graviers de diverses richesses dans un même atterrissement.

Pour fixer les idées sur la distribution des paillettes d'or, je citerai un exemple d'atterrissement où l'on a trouvé des sables de différents degrés de richesse disposés superficiellement vers la tête. Le banc B (*fig.* 5, *Pl.* I), situé à 2 kilomètres à l'amont de Kehl, a été déposé à l'extrémité aval de la rive corrodée A, à l'endroit où le thalweg s'en éloigne; le gravier qui le constitue est descendu moyennement de 350 à 400 mètres, en passant de sa position précédente A' à la position actuelle B.

En *a* et en *b* se trouve la principale richesse (c'est le gravier des variétés 1 et 2 du tableau précédent); en *c* est la teneur moyenne du gravier exploité. A 100 ou 150 mètres de son origine, en *d*, le banc n'est plus suffisamment riche pour être lavé.

On reconnaît dans cette même île combien la richesse varie avec la profondeur; ainsi, dans un endroit où la couche superficielle de gros cailloux,

sur une épaisseur de $0^m,15$, donnait 50 paillettes d'or par pelletée, on ne trouvait immédiatement au-dessous, sur $0^m,04$, que 6 paillettes; et en descendant davantage dans le sable mélangé de gravier, 3 paillettes seulement par pelle.

Enrichissement dû au lavage naturel du fleuve.

Le gravier dont provient l'atterrissement en question ne renfermait que 3 à 4 paillettes par pelletée. Il y a donc eu certaines parties enrichies dans la proportion de 1 à 15, par ce remaniement qu'il a subi sur un trajet d'environ 400 mètres; ailleurs, d'après le tableau précédent, la concentration de l'or s'est encore faite dans un plus grand rapport, dans celui de 8 : 562 ou de 1 à 70. Ces chiffres montrent combien le lavage naturel, opéré par le fleuve, facilite le travail de l'orpailleur.

Le gravier de la plaine du Rhin est aurifère en dehors du lit actuel sur une grande largeur.

Ce n'est pas seulement dans le lit du Rhin que l'on rencontre l'or; j'ai trouvé ce métal dans le gravier de différents points qui sont distants de 10 ou 12 kilomètres du fleuve, de telle sorte que l'or paraît être généralement disséminé dans tout le gravier alpin qui constitue la plaine du Rhin, tant dans les anciennes alluvions de ce fleuve, que dans celles de l'Ill, qui sont de même nature. Il est facile de s'assurer du dernier fait, en lavant, par exemple, le gravier pris près de Geispolsheim, à la station même du chemin de fer. Sur ce parallèle, la largeur du gravier aurifère est d'environ 16 kilomètres.

La rivière d'Ill est aussi aurifère.

Sa faible teneur en or.

Le métal précieux ne se trouve en général le long de l'Ill qu'en proportion très-faible; 10 kilogrammes ne laissent souvent au lavage que 0,9 milligrammes d'or, ce qui correspond à une teneur de 0,000 000 09.

Il n'est donc pas étonnant que jusqu'à ce jour l'Ill n'ait pas été signalée parmi les rivières aurifères.

d'habitude pour tenir comp[illegible] pauvre d
mètre moyen. [illegible] aussi

Les laveurs savent que [illegible] atter[illegible]
vées sur la pelletée de 4k [illegible] ux
néfice de 1 fr. 50 c. à 1 [illegible]

Quantité de sable et de cailloux contenus moyennement dans le gravier aurifère.

Il se trouve ordina[illegible]
fère beaucoup de g[illegible]
sion ; car 40 à 50 p[illegible]
gravier restent su[illegible] l'élo[illegible]
sont espacés de [illegible] fait imp[illegible]
aurifère débar[illegible]
mier triage [illegible] [illegible] le dépôt de trans-
née plus [illegible] n'ai d'ailleurs pas re-
moyenne [illegible] [illegible]férieure du gravier, qui
de 0,00[illegible] [illegible]t sur le terrain tertiaire,

Exemple de la disposition de ces graviers de diverses richesses dans un même atterrissement.

Pou[illegible] [illegible]s grande qu'ailleurs, ainsi que
paille[illegible] [illegible]ans divers dépôts diluviens ex-
me[illegible] [illegible]or, pour étain, ou pour fer.
de[illegible] [illegible]erents points, le gravier alpin est recou-
[illegible] [illegible]r le *loess*, qui s'étend sur une partie de la
[illegible]ne du Rhin ; or là encore le gravier est auri-
[illegible]ere. Près de Geispolsheim, par exemple, à la
gravière du chemin de fer, la couche de sable mélangé de cailloux, qui supporte 3 mètres de loess, m'a fourni un résidu composé de quelques paillettes d'or, de fer titané, et, de sable rose, de composition identique à celui que laisse le gravier exploité dans le fleuve ; sa richesse est de 0,000 000 1. Ainsi l'or a été apporté, en grande partie au moins, dans la plaine du Rhin, avant l'ordre de choses actuel, et même antérieurement au grand charriage alpin qui a formé le loess ; c'est sur cet ancien gravier aurifère que le fleuve travaille journellement à opérer des enrichissements exploitables dans quelques parties de son

...rs. Il doit e... (1); comme elles
quelques ... est difficile d'en
... en o... ...nt. La seule
...es ... avec certitude,
...on.
...qu'où l'on
...i pris les
...eti... chaque
...es très ...oux
...mètre n'ex... ...lu
...beaucoup moin...
... plus grandes entre ...
...ns le cours inférieur.

Densité du sable obtenu au premier et au second lavage.

La surface de ces paillettes examinée au microscope présente une multitude de petites aspérités assez régulières, dont la disposition peut se comparer à celle d'une peau de chagrin.

Leur poids moyen est facile à calculer comme il suit : un volume de gravier de 3,24 mètres cubes, renfermant 1.350 pelletées, a fourni au lavage $0^{gram.}$,76 d'or; comme 1 dixième est perdu, ce gravier contenait en réalité une quantité d'or égale à 0^{g},844; sur chacune des pelletées il y avait 10 à 12, soit en moyenne 11 paillettes d'or. Ainsi 14.850 paillettes pèsent 844 milligrammes, et le poids moyen d'une paillette est de 0,0562 milligramme, c'est-à-dire qu'il y en a 17,6 au milligramme. En faisant le même calcul pour le gravier le plus pauvre, on trouve que chaque paillette pèse 0,045 milligramme. L'œil reconnaît effectivement que dans ce dernier cas elles sont encore plus petites que dans les sables d'une richesse plus élevée.

Nombre de paillettes contenues dans un mètre cube de gravier exploité.

Les chiffres qui précèdent montrent aussi combien le nombre de paillettes contenues dans le gravier exploité est considérable, ou combien est

Impossibilité d'extraire l'or dans la plaine.

Dans ce gravier habituellement pauvre de la plaine, il se trouve sans doute aussi des zones riches, comme dans tous les atterrissements métallifères formés par les eaux. Mais il est évident qu'en raison de la difficulté de reconnaître ces accumulations formées à une époque reculée, en raison aussi de la valeur du terrain que l'on ne pourrait rendre stérile pour l'agriculture; enfin, par suite de l'éloignement d'un cours d'eau, il serait tout à fait impossible d'y exploiter l'or.

Entre Bâle et Bellingen, où le dépôt de transport a peu d'épaisseur, je n'ai d'ailleurs pas remarqué que la partie inférieure du gravier, qui repose immédiatement sur le terrain tertiaire, eût une richesse plus grande qu'ailleurs, ainsi que cela s'observe dans divers dépôts diluviens exploités pour or, pour étain, ou pour fer.

L'or a été principalement apporté dans la plaine du Rhin antérieurement à l'ordre de choses actuel.

Sur différents points, le gravier alpin est recouvert par le *loess*, qui s'étend sur une partie de la plaine du Rhin; or là encore le gravier est aurifère. Près de Geispolsheim, par exemple, à la gravière du chemin de fer, la couche de sable mélangé de cailloux, qui supporte 3 mètres de loess, m'a fourni un résidu composé de quelques paillettes d'or, de fer titané, et, de sable rose, de composition identique à celui que laisse le gravier exploité dans le fleuve; sa richesse est de 0,000 000 1. Ainsi l'or a été apporté, en grande partie au moins, dans la plaine du Rhin, avant l'ordre de choses actuel, et même antérieurement au grand charriage alpin qui a formé le loess; c'est sur cet ancien gravier aurifère que le fleuve travaille journellement à opérer des enrichissements exploitables dans quelques parties de son

cours. Il doit en outre descendre de temps à autre quelques parcelles métalliques des montagnes qui en ont fourni autrefois.

Dans le loess, qui cependant paraît d'origine alpine comme le gravier aurifère, on n'a pas rencontré d'or. **Stérilité du loess.**

L'or ne se trouve jamais dans le gravier du Rhin en pépites ou en petits grains; il est toujours sous forme de paillettes très-minces, à contours arrondis, dont le diamètre n'excède pas un millimètre, et est souvent beaucoup moindre. Elles sont habituellement plus grandes entre Bâle et Brisach que dans le cours inférieur. **Forme et dimensions des paillettes d'or.**

La surface de ces paillettes examinée au microscope présente une multitude de petites aspérités assez régulières, dont la disposition peut se comparer à celle d'une peau de chagrin.

Leur poids moyen est facile à calculer comme il suit : un volume de gravier de 3,24 mètres cubes, renfermant 1.350 pelletées, a fourni au lavage $0^{gram.}$,76 d'or; comme 1 dixième est perdu, ce gravier contenait en réalité une quantité d'or égale à 0^{g},844; sur chacune des pelletées il y avait 10 à 12, soit en moyenne 11 paillettes d'or. Ainsi 14.850 paillettes pèsent 844 milligrammes, et le poids moyen d'une paillette est de 0,0562 milligramme, c'est-à-dire qu'il y en a 17,6 au milligramme. En faisant le même calcul pour le gravier le plus pauvre, on trouve que chaque paillette pèse 0,045 milligramme. L'œil reconnaît effectivement que dans ce dernier cas elles sont encore plus petites que dans les sables d'une richesse plus élevée.

Les chiffres qui précèdent montrent aussi combien le nombre de paillettes contenues dans le gravier exploité est considérable, ou combien est **Nombre de paillettes contenues dans un mètre cube de gravier exploité.**

grande la ténuité de l'or dans le bassin du Rhin. Ce nombre varie de 4.500 à 36.000 paillettes par mètre cube, selon les variétés.

Composition de l'or du Rhin; sa valeur.

Il y a en moyenne dans l'or du Rhin 0,934 d'or et 0,066 d'argent, et, d'après l'analyse de M. Doebereiner, 0,00069 de platine.

Le gouvernement badois l'achète à raison de 5 florins la couronne qui pèse 3g,37, c'est-à-dire à raison de 3f,13 le gramme.

Substances associées à l'or.

Le sable aurifère enrichi par des lavages a une teinte foncée; il se compose principalement de grains noirâtres et de grains roses. Les premiers, qui forment de 10 à 14 pour 100 du poids total, consistent en fer titané; la moitié environ de ce fer titané est attirable au barreau aimanté; l'autre moitié n'est pas attirable. La substance qui prédomine est du quartz rose et transparent, dont la couleur m'a paru tenir aussi, d'après l'essai que j'ai fait sur une très-faible quantité triée, à la présence de l'acide titanique, comme celle du quartz rose de Zwiesel et de Bodenmais en Bavière. La densité du quartz rose du Rhin est très-sensiblement supérieure à celle du quartz commun qui l'accompagne; car bien que les morceaux des deux variétés soient de même grosseur et de même forme, le sable rose se concentre dans le lavage à l'augette avec les substances lourdes.

Il y a en outre du quartz hyalin, du carbonate de chaux et des grains d'apparence quartzeuse et de couleur variée, jaune citron, jaune orange ou verte. Les teintes de ces diverses substances sont si vives qu'elles ont frappé l'attention de Réaumur, qui les a désignées comme des pierres précieuses, sous les noms de topaze, de

rubis, de saphir, d'émeraude (1); comme elles sont en particules très-fines, il est difficile d'en réunir assez pour faire un essai concluant. La seule substance que j'ai pu reconnaître avec certitude, d'après sa forme cristalline, est le zircon.

Densité du sable obtenu au premier et au second lavage.

Pour avoir une idée du degré jusqu'où l'on pousse le premier et le second lavage, j'ai pris les densités des sables fins que l'on obtient après chaque opération.

La densité du sable du Rhin dépourvu de cailloux est en moyenne avant le lavage de 2,8 à 2,9; celle du sable que l'on obtient après le lavage sur la table est de 3,19; enfin le sable enrichi par le second lavage à la main sur l'augette, qui est destiné à l'amalgamation, a une densité de 4,46; la pesanteur spécifique du fer titané variant de 4 à 4,89, on voit que l'on ne pourrait guère, sans beaucoup de perte, arriver à un résidu de densité plus forte.

Production du Rhin en or.

Il n'est pas possible de connaître avec exactitude la production du littoral français, car une partie des banlieues de la rive gauche sont exploitées par des Badois; d'ailleurs chaque laveur français va vendre le résultat de sa petite industrie à différents orfèvres de France ou du duché de Bade. Ainsi les orpailleurs de Rhinau vendent leur or à Lahr; ceux des environs de Seltz et de Munchhausen le portent à Rastadt et à Carlsruhe. La quantité d'or qui arrive à la monnaie de Carlsruhe représente probablement au moins les $\frac{4}{5}$ de la production totale; la quantité reçue pendant trente années de 1804 à 1834 a été de 140^k,916 (2).

(1) Il est très-ordinairement employé en Alsace et dans le pays de Bade pour sécher l'écriture.
(2) Kachel. Mémoire cité.

	kil.
Dans le premier tiers de la période le produit annuel a été moyennement de. , ...	1,483
Dans le second tiers de.	4.255
Dans le troisième tiers de.	8,354
L'année 1831, qui a été la plus productive, a fourni.	12,523

Ainsi, pendant cette période, la production, d'abord très-faible, s'est considérablement accrue. Ce développement résulte de la réduction des droits que le gouvernement badois faisait peser sur cette petite industrie, en forçant les laveurs à lui vendre leur or bien au-dessous de sa valeur réelle. Depuis lors, la quantité de métal extrait s'est à peu près maintenue stationnaire.

On peut donc admettre que le résultat actuel de tous les lavages établis sur les deux rives du Rhin ne dépasse pas 40.000 à 45.000 francs. 500 hommes environ s'occupent de ce travail, qui n'est pour eux qu'accessoire; la plupart sont en même temps pêcheurs, bateliers ou cultivateurs. Le gain ordinaire d'une journée varie de 1 fr. à 2 fr., quelquefois il n'est que de 1 franc, et il s'élève exceptionnellement à 10 et à 15 francs (1).

De l'origine de l'or du Rhin.

Quant à l'origine de l'or disséminé dans la plaine du Rhin, il y a été amené pour la grande partie,

(1) A défaut de renseignements positifs sur la production réelle du siècle dernier de ce côté du Rhin, je rappellerai que la ville de Strasbourg affermait le droit de recueillir l'or sur un littoral de trois lieues, moyennant les prix suivants :

1727. . . .	100 francs.
1739. . . .	140
1755. . . .	110
1760. . . .	80

Maintenant la location de ce même terrain peut être évaluée au plus à 40 francs.

ainsi qu'on l'a vu plus haut, avec tout le gravier dans lequel il est disséminé, à une époque antérieure au régime actuel du fleuve, et même avant que le puissant dépôt de loess couvrît une partie du bassin du Rhin. Cet or provient donc originairement des mêmes contrées qu'une partie des détritus auxquels il est associé, c'est-à-dire des Alpes, des Vosges, de la Forêt-Noire, du Jura ou du Kaiserstuhl. Les deux dernières régions montagneuses sont complétement dépourvues d'or; on n'en a trouvé dans les Vosges et dans la Forêt-Noire qu'en un très-petit nombre de localités et en quantité extrêmement faible; c'est donc des Alpes que cet or a été charrié; c'est ce que montre d'ailleurs aussi la répartition de ce métal, que l'on commence à rencontrer dans les divers affluents qui descendent de la Suisse.

Il paraît, d'après les observations de M. Rengger (1), que l'or de l'Aar ainsi que celui qui est transporté par d'autres cours d'eau de la Suisse, tels que la Reuss, les deux Emmen, la Luttern, provient de la molasse tertiaire. Telle est peut-être aussi l'origine de l'or du Doubs, que Réaumur compte parmi les rivières aurifères de la France; mais en tout cas, ce n'est pas sans doute cette dernière formation qui forme le gîte primitif de ce métal.

Les gisements principaux de l'or, à part celui des dépôts de transport, peuvent être rapportés à trois catégories : il est en filons comme dans le Salzbourg ; souvent il est engagé dans les roches amphiboliques, les serpentines, le granite et d'autres

(1) Verhandlungen der allgemeinen schweitzerischen Gesellschaft für die gesammten Naturwissenchaften, 1827.

roches éruptives; enfin, il est disséminé dans différents schistes cristallisés ou cristallins comme au Brésil. L'or appartenant aux deux premiers gisements est souvent en grains de diverses grosseurs, mais la forme de lamelles très-minces, qu'affecte toujours l'or du Rhin montre qu'il est solidifié entre les feuillets de terrains schisteux.

Il était donc probable, d'après cette seule considération, que l'or du Rhin dérive originairement des quartzites si abondants dans les Alpes ou des schistes amphiboliques. La présence dans ces mêmes roches de cavités cubiques enduites d'ocre, devait encore rendre cette supposition plus vraisemblable.

Découverte de l'or dans les cailloux quartzeux du lit du Rhin.

C'est ce que j'ai voulu vérifier directement en recherchant l'or dans les roches du lit du Rhin. Ayant fait réduire en poudre 60 kilogrammes de ces roches, j'ai lavé la poussière obtenue à l'augette; et après avoir enlevé du résidu, à l'aide du barreau aimanté, les parties magnétiques, j'ai trouvé quelques paillettes d'or. Ces paillettes sont fort petites, très-minces; leur aspect est absolument le même que celles disséminées dans les sables.

Gisement analogue de l'or dans les Alpes suisses et dans d'autres contrées.

Le gisement primitif de l'or dans cette partie des Alpes suisses paraît donc être le même que dans d'autres régions de la chaine principale des Alpes, entre autres dans le Zillerthal. Une dissémination analogue de l'or dans des roches métamorphiques se retrouve encore, à peu de variations près, en Silésie, dans quelques régions de la Sibérie (1), dans le Massachusets, d'après M. Hitch-

---

(1) Russia and the Ourals mountains, par MM. Murchison, de Verneuil et de Keyserling, t. I, pag. 649.

cock (1), et surtout au Brésil. Il paraît aussi que l'or autrefois exploité dans l'Eder (2) provient du kieselschiefer subordonné au terrain de transition. Enfin, les paillettes du même métal que roule le Rhône dérivent probablement de la même position que l'or du Rhin.

Petite quantité d'or mise journellement en liberté par l'usure des galets.

Les galets du fleuve sont soumis à des mouvements de plusieurs sortes, d'où résultent des chocs et des frottements qui en détachent des particules sableuses; des paillettes métalliques doivent donc aussi être mises en liberté. Mais l'usure des cailloux de quartzite est si lente, que la quantité d'or amenée ainsi journellement en circulation dans le lit du Rhin ne doit former qu'une fraction fort petite de la quantité totale.

Le pavé de Bâle, de Strasbourg, de Neuf-Brisach, et d'autres villes des bords du Rhin est aurifère.

Les cailloux de quartzite où j'ai rencontré de l'or appartiennent précisément à la variété de quartzite alpin qui est employé pour le pavage de Strasbourg, de Bâle, de Neuf-Brisach et de différentes autres villes des bords du Rhin.

Ces pavés sont donc aurifères, et l'on pourrait dire sans métaphore que les habitants de toutes ces villes *marchent sur de l'or*; mais ce métal n'y est qu'en proportion excessivement faible, beaucoup moindre encore que dans le gravier du lit du Rhin; de sorte qu'il n'est pas étonnant que jusqu'ici on n'en ait pas reconnu l'existence.

Comparaison de la richesse des sables du Rhin avec ceux d'autres localités.

Le tableau ci-joint, p. 28, donne une idée de la richesse des diverses variétés de gravier du Rhin comparées à celles des sables de l'Eder en West-

(1) Dans le Massachusets, c'est le schiste talqueux qui est aurifère.

(2) Noeggerath. Ueber das Vorkommen des Goldes in der Eder; Karstens Archiv für Mineralogie, tome VII, p. 149.

phalie (1), de la Sibérie (2) et du Chili (3); sous le nom de sables de première qualité, sont compris des sables regardés comme très-riches dans chacune de ces contrées; ceux de la troisième qualité représentent la moyenne de l'exploitation. La dernière ligne représente approximativement la moyenne de tout le sable aurifère, en y comprenant celui même qui n'est pas exploitable.

RICHESSE relative des sables ou graviers de chaque localité.	RHIN.	EDER.	SIBÉRIE.	CHILI.
Première qualité..	0,000 000 562	0,000 000 390	0,000 006 000 (4)	0,000 078 080
Deuxième qualité.	0,000 000 243	0,000 000 222	»	»
Troisième qualité ou moyenne des sables exploités. .	0,000 000 132	0,000 000 130	0,000 002 600	0,000 009 760
Minimum des sables exploités. . .	0,000 000 120	»	0,000 001 000	»
Moyenne du gravier non exploitable.	0,000 000 008	0,000 000 016	0,000 000 650	0,000 001 000

(1) D'Eschwege. Jahrbuch für Mineralogie, von Leonhard und Bronn, 1843, p. 320.

(2) Annuaire du Journal des mines de Russie; introduction et année 1835, p. 182. De Humboldt, Asie centrale, tome I, p. 495.

(3) Domeyko, Annales des mines, 4e série, tome VI, page 170.

(4) Exceptionnellement 0,000 175 000 près de la grosse pépite de 36 kilogrammes.

Le rapprochement des chiffres précédents conduit aux observations suivantes :

1° Le gravier aurifère du Rhin le cède de beaucoup en richesse aux sables habituellement exploités en Sibérie et au Chili. Ceux de la Sibérie rendent en moyenne environ 5 fois, et ceux du Chili près de 10 fois plus d'or, que le gravier le plus productif du Rhin non débarrassé des gros cailloux.

2° Les richesses moyennes des sables exploités dans ces trois contrées sont entre elles à peu près comme les nombres 1 : 20 : 74, ou, si l'on prend pour terme de comparaison le sable du Rhin débarrassé des cailloux ayant plus de deux centimètres de diamètre, le rapport devient 1 : 10 : 37.

En Sibérie, on regarde comme non exploitable des sables renfermant 0,000 001 ; or cette teneur est encore 7 fois 1/2 égale à celle des sables ordinaires que lavent les orpailleurs du Rhin.

3° Si on compare la teneur moyenne du gravier de chacune des trois contrées pris en masse, tant pauvre que riche, on voit que cette teneur varie comme les nombres 1 . 81 : 124.

4° Le gravier du Rhin a à très-peu près la même teneur que le sable de l'Eder en Westphalie, que l'on a cherché à exploiter il y a quelques années.

La supériorité de richesse des sables de l'Oural, de la Sibérie et du Chili, s'explique en partie par la forme qu'y affecte l'or. Au lieu d'être en lamelles minces, comme celles du Rhin, si petites qu'il en faut 17 à 22 pour faire le milligramme, ainsi qu'on l'a vu plus haut, l'or, dans les contrées privilégiées qui viennent d'être citées, est en grains pesant habituellement plus d'un centigramme, et souvent beaucoup plus lourds; chaque grain d'or est donc en moyenne 200 à 400 fois et très-souvent

1.000 fois plus gros qu'une paillette d'or du Rhin ou de l'Eder. Aussi nulle part l'or exclusivement en paillettes minces, tel que celui disséminé dans beaucoup des rivières aurifères de l'Europe occidentale, ne peut donner lieu à une exploitation d'une grande importance, comme l'or qui résulte du lavage des débris de filons ou de roches éruptives aurifères, ainsi qu'on l'observe le long de l'Oural ou au Chili. Je ne puis partager l'opinion émise à cet égard par M. Graff, dans sa notice sur les alluvions aurifères (1).

Toutefois cette forme en lamelles de l'or du Rhin a cela au moins d'avantageux, qu'elle permet d'en simplifier le lavage en faisant passer le sable avec de l'eau sur un plan fortement incliné, muni d'un drap à longs poils, qui retient dans les aspérités de son tissu la presque totalité des paillettes métalliques.

Dans le lavage à la main sur des tables, l'ouvrier de l'Oural traite dans la journée euviron 1.638 kilogrammes (100 pouds) (2); quantité quatre fois moindre que celle qui passe sur le petit atelier de l'orpailleur du Rhin, sans que la proportion du métal perdu soit ici plus considérable.

Aperçu sur la quantité totale d'or contenu dans le gravier de la plaine du Rhin.

Quoique la teneur du gravier du Rhin soit comparativement assez faible, la quantité totale d'or enfoui dans le lit du fleuve est considérable.

D'après la richesse moyenne de 8 billionièmes signalée plus haut, un mètre cube de gravier pesant 1.800 kilogrammes renferme $0^{g},0146$ d'or. Entre Rhinau et Philippsbourg, région où la richesse est

(1) Annales de la Société d'agriculture de Lyon, 1845.

(2) Annuaire du Journal des mines de Russie pour 1835, p. 183.

la plus régulière, la bande aurifère a 123 kilomètres de longueur. En lui supposant seulement une largeur de 4 kilomètres, son contenu en or pour une tranche d'un mètre de profondeur est donc de 7.183,2 kilogrammes. Si on admet que la même teneur en or se soutienne seulement sur 5 mètres de profondeur, on a pour la quantité d'or comprise dans le lit du Rhin entre Rhinau et Philippsbourg 35.916 kilogrammes, qui, à raison de 3.189 fr. le kilogramme, représentent une valeur de 114.536.124 francs.

Cet or est ainsi réparti :

Dans le Bas-Rhin, 13.870 kil. ayant une valeur de.	44.233.430 fr.
Dans le pays de Bade, 17.958 kil. *id.* . .	56.267.062
Dans la Bavière rhénane, 4.088 kil. *id.* . .	13.036.632

Cette quantité d'or est certainement au-dessous de la réalité ; car le gravier aurifère est sans doute au moins deux fois plus large et deux fois plus profond qu'il n'a été admis dans l'évaluation.

En dehors de ces limites, il est plus difficile d'estimer la richesse du bassin du Rhin, à cause de l'irrégularité avec laquelle elle y est distribuée. En supposant une teneur moitié moindre que la précédente, d'une part, entre Istein, point le plus élevé de la plaine où on lave, et Rhinau qui est distant de 81 kilomètres, et de l'autre, entre Philipsbourg et Mannheim qui sont éloignés de 30 kilomètres ; en admettant en outre pour la bande aurifère une largeur moyenne de 4 kilomètres et une profondeur de 5 mètres, on arrive aux chiffres de 11.826 kilogrammes pour la première section et de 4.380 kilogrammes pour la seconde. La quantité totale d'or contenue dans le Rhin

entre Istein et Mannheim, dans un terrain d'une superficie de 936 kilomètres carrés ou de 93.600 hectares et de 5 mètres de profondeur, serait donc au moins de 52.000 kilogrammes.

Cettè quantité d'or qui, si elle était extraite du sein des sables, représenterait une valeur de 166 millions francs est très-considérable comparée à la faible production de chaque année. Elle est cependant faible comparée à l'abondance du même métal sur le revers oriental de l'Oural et dans les régions basses de la Sibérie; en effet, elle est seulement égale à 2 fois et demie la production en or de l'Asie boréale en 1843 (1). D'ailleurs la valeur de cet or n'est sans doute que peu supérieure aux frais qu'exigerait son extraction.

On voit que la richesse moyenne des bancs de gravier formés journellement par le fleuve ne doit pas, dans un laps de temps assez long, sensiblement diminuer, par suite de l'exploitation annuelle.

Je terminerai l'exposé de ces recherches par une observation sur la question de savoir, si, d'après la jurisprudence française, ce vaste dépôt aurifère pourrait être concédé, ainsi que la demande en a été formée.

Délimitation du gravier aurifère entre la France et le pays de Bade.

L'article 5 de la convention conclue à Carlsruhe le 5 avril 1840 entre la France et le grand-duché de Bade porte que le droit de lavage de l'or sera exercé par le domaine, les communes, les établissements publics ou les particuliers de chaque

(1) Cette production en or de l'Oural et de la basse Sibérie, en 1843, a été de 1.294,9302 pouds, ou de 20.212 kilogrammes.

État, jusqu'à la limite des banlieues et des communes, sans aucun égard à la position de la limite de souveraineté. Cette dernière, déterminée comme on sait par la ligne du thalweg, se déplace journellement; mais l'étendue des banlieues riveraines reste invariable quelle que soit la manière dont coule le fleuve.

Usages de l'exploitation dans le territoire français et dans le duché de Bade.

Sur tout le littoral français, le droit d'orpailler est ordinairement loué avec la pêche au profit de la commune à laquelle appartient le terrain loué. Il est rare que celui qui afferme la pêche d'une commune se charge lui-même du lavage de l'or. Il sous-loue le droit d'exercer cette dernière industrie à d'autres individus qui pour la plupart sont Badois. La rétribution payée par les orpailleurs est très-modique; pour une commune, elle est annuellement de 2 à 3 francs, et va jusqu'à 10 francs par laveur qui trouve à s'occuper.

Dans le pays de Bade, il est permis à chaque habitant de laver dans la banlieue de sa commune; mais celui qui est étranger à une commune ne peut y venir travailler qu'à défaut d'orpailleur domicilié dans celle-ci. Le laveur est assujetti, sous peine d'amende ou même d'emprisonnement, à la condition de vendre au gouvernement tout l'or qu'il obtient, à raison de 5 florins par couronne (la couronne pèse 3,37 grammes; le florin vaut 2 fr. 15 c.; cela fait donc 3 fr. 13 c. par gramme). Ce prix représente à peu près la valeur réelle du métal; mais autrefois ce prix était moins élevé: jusqu'en 1808, la couronne n'était payée que 3 florins. Comme le bénéfice n'était pas assez élevé, le nombre des ouvriers se réduisit presque à rien; et le gouvernement, pour ne pas laisser dépérir cette industrie, a augmenté son prix. En 1812, la cou-

La difficulté de délimiter la concession d'une manière fixe, serait un obstacle plus embarrassant; car si on prenait la limite de souveraineté, elle varierait journellement, et même souvent de quantités assez considérables, puisqu'elle coïncide avec la ligne du thalweg; on ne pourrait non plus suivre la limite des banlieues riveraines, puisque beaucoup de communes françaises sont situées en partie sur le territoire Badois, et qu'elles payent leurs contributions à ce dernier gouvernement. Enfin les redevances à payer à l'état et aux nombreux propriétaires du lit du fleuve seraient fort onéreuses, tandis que les laveurs actuels en sont à peu près affranchis.

Du reste l'industrie de l'orpaillage sur le Rhin tend à décroître chaque jour par suite des travaux de rectification du fleuve qui restreignent beaucoup l'étendue des atterrissements.

Perfectionnements dont l'extraction de l'or du Rhin paraît encore susceptible.

Les observations mentionnées plus haut, fournissent quelques données utiles aux explorations des orpailleurs.

Mais ce n'est pas le seul perfectionnement que l'on soit en droit d'attendre pour cette industrie. Il est vraiment fâcheux, dans l'état actuel des choses, d'être réduit à faire tout le lavage à force de bras, quand on a sous ses yeux, à quelques pas de soi, un moteur de la puissance du Rhin. Il ne serait pas difficile d'imaginer une sorte de machine à draguer mue par le fleuve, qui enlèverait la couche superficielle de gravier à exploiter, et qui transporterait ce gravier, ainsi que de l'eau, sur la tête de la table à laver. Le reste du lavage s'achèverait rapidement et sans beaucoup de fatigue, à peu près suivant le procédé actuel. Mais deux conditions compliquent la question; d'abord le courant étant très-faible sur les rives plates, ce n'est qu'à

6 ou 8 mètres au moins du bord, que l'on trouverait assez de profondeur et de vitesse pour faire mouvoir la roue dont on aurait besoin. En outre comme ordinairement la couche superficielle seule est riche, il faudrait que l'appareil fut non-seulement simple et transportable dans une nacelle, mais encore qu'il pût se mouvoir avec facilité à la surface du banc de gravier.

Le second lavage et en particulier l'amalgamation seraient probablement aussi susceptibles de quelques améliorations de détail, en ce qui concerne le temps employé et la perte en mercure, surtout si ces deux opérations se pratiquaient plus en grand.

RECHERCHES

Sur la formation du minerai de fer des marais et des lacs.

Par M. DAUBRÉE, Ingénieur des mines.

On sait que des dépôts considérables de minerai de fer s'observent dans diverses contrées basses ou marécageuses de l'Europe. Ce minerai qui consiste principalement en hydroxyde de fer, se trouve tantôt en suspension dans les eaux de marais ou de lacs, tantôt disséminé dans des terrains sablonneux, et, dans ce dernier cas, il n'est jamais qu'à une très-faible profondeur au-dessous de la surface du sol. Selon les circonstances de son gisement, l'oxyde de fer dont il est question a reçu les différents noms de *minerai des marais*, *minerai des lacs*, *minerai des prairies*, *minerai des gazons* (1). Dépôts de minerai dont il est question dans ce travail.

Il n'est pas douteux que tous ces dépôts ferrugineux n'aient été formés à une époque très-récente; car non-seulement ils sont fréquemment superposés à des graviers et à des sables diluviens, mais accidentellement on rencontre, au milieu de morceaux massifs, des produits de l'industrie humaine, tels que des outils ou des fragments de poteries. D'ailleurs, en diverses localités de la Suède et de l'Allemagne, ceux qui l'exploitent ont cru reconnaître que du minerai se reproduisait en des points où antérieurement on l'avait extrait en totalité.

---

(1) En allemand morasterz, sumpferz, seeerz, wiesenerz, raseneisenstein, et en anglais bogore.

Contrées où le minerai des marais est particulièrement développé.

Les régions de l'Europe où le minerai des marais est particulièrement abondant sont la Basse-Lusace, la Silésie, la Pologne, la Poméranie; les plaines du Mecklembourg et du Hanovre; le Banat; quelques contrées voisines du Rhin, entre autres la Hollande; le Danemark et surtout le Jutland; dans l'empire russe : la Livonie, la Courlande, la Finlande, le gouvernement d'Olonetz et les bords du Donetz; enfin un très-grand nombre de lacs de la Suède et de la Norwége. L'existence du même minerai a été aussi signalée hors de l'Europe, notamment dans les savanes du nord de l'Amérique, au Connecticut (1), et en Afrique dans les sables du Kordofan (2). Il est exploité dans beaucoup de contrées de l'Europe et dans le Kordofan pour la fabrication du fer. En Norwége, il paraît même avoir été employé, il y a trois ou quatre siècles, avant que les riches amas d'oxyde magnétique eussent fixé l'attention des habitants du pays.

Il serait hors de propos de rapporter ici, relativement à la manière d'être du minerai de fer dans plusieurs de ces localités, les détails qui ont été consignés dans divers mémoires (3). Je ne men-

---

(1) Percival. On Connecticut, p. 473.

(2) D'après M. Russegger.

(3) Voici les titres de divers travaux où l'on trouve des renseignements locaux sur le minerai des marais.

Freisleben, Geognostische Arbeiten, t. VI, p. 216-249.

Schultz, Grundrissé der Bergbaukunde, t. I, 1823.

Ole-Evenstadt. Practische Abhandlung, von dem Sumpf und Morasteisenstein, in Norwegen, 1801.

Description des usines de l'arrondissement minier d'Olonetz. Annuaire des mines de Russie, 1835, p. 236.

Sur l'arrondissement des mines du Donetz. Même Annuaire, 1836, p. 41.

tionnerai que les principales circonstances de son gisement et de sa composition.

Le trait le plus essentiel à ces dépôts ferrugineux, dans toutes les contrées où ils ont été décrits, c'est d'être situés dans le voisinage de cours d'eau, soit dans les plaines où ces cours d'eau prennent des vitesses très-faibles et se partagent en flaques marécageuses, soit encore dans les lacs que ces rivières alimentent. La première manière d'être, qui est la plus fréquente, s'observe le long de l'Oder, de l'Elbe, de la Neisse, de la Sprée, etc., en Allemagne, ou sur le rivage même du fleuve Luléo, en Laponie. Plus d'un millier de lacs de la Suède, de la Norwége, de la Finlande et du nord de la Russie fournissent des exemples de l'autre genre de dépôts; dans la seule province de Vermelande en Suède, au moins deux cents lacs ou vastes marais contiennent du minerai de fer. Généralités sur son gisement.

Lorsque ce minerai est enfoui dans le sol, il se trouve en général à une très-faible distance de la surface, c'est-à-dire rarement au delà d'un mètre, et le plus ordinairement à $0^{m},20$ ou $0^{m},30$ de profondeur. Du gazon, des bruyères, du sable, du limon, ou très-souvent encore de la tourbe le recouvrent. L'oxyde est disséminé dans un sol sa- 1° Dans les sols sablonneux.

De l'industrie minière en Finlande. Même Annuaire, 1836, p. 167.

Coup d'œil sur la composition minéralogique de l'arrondissement minier d'Olonetz; par Engelmann, 1832, pag. 51.

Karsten. Ueber die Erzeugung des Roheisens aus Wiesenerz. Archiv für Bergbau, 1827, t. XV, p. 3.

Percival. On Connecticut, p. 473.

Daubrée. Sur les dépôts métallifères de la Suède et de la Norwége. Annales des mines, 4e série, tome IV, p. 235 et 267.

blonneux sous forme de plaquettes, de veines ou de rognons, dont la grandeur et la configuration sont fort variables.

Quelquefois ces diverses masses ferrugineuses sont isolées au milieu du terrain, mais fréquemment elles sont très-rapprochées et soudées entre elles, de manière à constituer des couches superficielles à peu près continues, qui s'étendent quelquefois sur 600, 800 et 1000 mètres en tous sens. Rarement l'épaisseur de ces couches dépasse $0^{m},60$ à 1^{m}, et elle est en général beaucoup moindre. Ainsi, en Lusace et dans le pays d'Olonetz, où on l'exploite, sa puissance moyenne n'est que $0^{m},12$ (1). Au-dessous du minerai on rencontre du sable ou de l'argile.

2° Dans les lacs. Le minerai du fond des lacs est souvent en grains isolés, de forme sphéroïdale dont la grosseur varie depuis la tête d'une épingle jusqu'à celle d'une noisette et va même au delà. La structure concentrique et feuilletée y est souvent reconnaissable, et il a alors quelque ressemblance avec le minerai pisolitique de la formation tertiaire. On le rencontre aussi en petits galets plats d'environ un centimètre de diamètre auxquels, dans les environs du lac Onéga, on a donné le nom de *dénejnik* (petite monnaie de cuivre).

La couleur du minerai des marais et des lacs varie du brun jaunâtre au brun foncé ; il contient des parties noires dont l'éclat est voisin de celui de la poix.

Sa densité varie de 2,46 à 3,20.

Sa composition. De nombreuses analyses du minerai des marais

---

(1) Mémoire de M. Freisleben, et ceux sur le gouvernement d'Olonetz, cités plus haut.

y ont indiqué les substances suivantes (1) :

Oxyde ferrique;
Oxyde ferreux;
Oxyde manganique;
Chaux;
Magnésie;
Alumine;
Oxyde de zinc (2);
Oxyde de cuivre (œrterdale en Norwége);
Oxyde de cobalt (3);
Oxyde de chrome (4);
Acide phosphorique;
Acide arsénique (5);
Acide sulfurique;
Chlore (6);
Acide silicique;

---

(1) Rammelsberg. Handwoerterbuch des chemischen Theils de Mineralogie, tome II, p. 91, et supplément, p. 122. Svanberg. Annalen von Jern Contor, 1839.

(2) M. Freisleben annonce qu'il se forme des cadmies zincifères dans les hauts-fourneaux du cercle de Kottbus, où l'on fond exclusivement le minerai des marais; mais la proportion en est trop petite pour que l'analyse l'y ait indiquée.

(3) Le minerai du fleuve Sautée, dans la Caroline du Nord, en contient, d'après M. Gottlieb, 0,00261; celui de Russie et du Banat renferment des traces du même métal (Berzélius, Jahresbericht 24 ter, 1845, p. 307).

(4) Karsten, dans le mémoire cité, a signalé le chrome dans le minerai de Baumgarten, près Glatz; il est à remarquer que non loin de là, il se trouve une serpentine contenant du fer chromé.

(5) D'après une communication récente de M. Walchner, tous les minerais de fer anciens et modernes renferment de l'arsenic.

(6) M. Gottlieb a trouvé dans un minerai de la Caroline du Nord 0,00368 de chlore.

Acides crénique et apocrénique (1);
Eau.
Plus du sable, de l'argile et des débris organiques qui y sont mécaniquement mélangés.

Dans le minerai des marais le peroxyde de fer hydraté paraît toujours mélangé d'une petite quantité de phosphate et d'apocrénate ou de crénate de fer. Le fer phosphaté bleu s'y montre même quelquefois isolé, surtout dans le minerai qui est associé à la tourbe (Lusace, bords du Donetz, Olonetz). Dans le gouvernement d'Olonetz, le minerai des marais est toujours plus phosphoreux que celui déposé dans les lacs. L'oxyde de manganèse, qui manque très-rarement, atteint dans quelques variétés la proportion de 35 pour o/o. Certains minerais renferment en outre du protoxyde de fer, mais on ne peut le doser puisque l'oxyde manganique le suroxyde dès que l'on dissout le mélange. C'est sans doute par suite de l'action de l'oxygène, que souvent le minerai de brun qu'il est au sortir de la terre, devient d'un jaune clair après avoir été exposé à l'air (2).

Le minerai est en général facilement fusible; il est susceptible de rendre 25 à 40 pour o/o d'une fonte qui est toujours plus ou moins phosphoreuse.

Résumé des idées théoriques émises sur ce sujet.

Quoique la précipitation de l'oxyde de fer continue à se faire journellement à la surface des continents, avec une abondance telle qu'il en résulte des gîtes exploitables, l'histoire du phénomène n'est pas encore éclaircie, ainsi qu'on peut s'en convaincre en jetant un coup d'œil sur les diverses idées théoriques émises jusqu'à présent sur ce sujet.

---

(1) Berzélius. Lehrbuch der Chemie, VIII, p. 393.
(2) Freisleben, mémoire déjà cité.

Comme on voit souvent les pyrites donner lieu, par leur décomposition en présence de l'air et de l'eau, à des dépôts ocreux, on a pensé que les minerais des marais résultaient de cette réaction oxydante sur les pyrites : dans cette supposition l'oxyde ferrique devrait se précipiter à l'état de sous-sulfate basique ; or, dans le plus grand nombre des dépôts des marais, on ne trouve pas la moindre trace d'acide sulfurique. Il est vrai que certaines pyrites aurifères, celles de Beresowsk par exemple, se sont transformées en hydroxyde de fer en perdant tout leur acide sulfurique, sans doute par voie électro-chimique ; mais on verra plus loin que cette explication n'est pas admissible pour le plus grand nombre des localités, bien qu'elle puisse convenir à quelques cas particuliers, ainsi que M. François le pense pour les fers limoneux aurifères des Pyrénées (1).

Dépôts dus à la décomposition de la pyrite de fer.

M. le professeur G. Bischoff (2) a observé dans l'Eiffel des sources gazeuses, où le fer est dissout à l'état de bicarbonate de protoxyde, qui forment des dépôts composés d'oxyde ferrique hydraté à la surface et de carbonate ferreux à une certaine profondeur. La quantité de fer ainsi apportée à la surface du sol par les seules sources de la vallée de Brohl, près de l'ancien cratère de Laach, est très-considérable ; car si le ruisseau n'entraînait pas dans le Rhin la plus grande partie du carbonate et de l'oxyde de fer qui tendent à se précipiter, on pourrait retirer de ces dernières sources environ

Dépôts formés par précipitation d'eaux carbonatées ferrugineuses.

(1) Sur les dépôts de fer limoneux de l'Ariége. Ann. des mines, 3e série, tome XVIII, p. 430.

(2) Schweigger-Seidel. Neues Jahrbuch der Chemie, 1833, 16e cahier, 420.

2.000 kilogrammes de peroxyde par vingt-quatre heures. M. Bischoff pense que le minerai des marais et des prairies pourrait devoir son origine à des sources semblables. Mais ce dernier se forme ordinairement loin de toute action volcanique et de toute source sensiblement gazeuse.

Rôle attribué à l'organisme dans ces dépôts ferrugineux.

Depuis que les importantes découvertes de M. Ehrenberg ont montré le rôle important des organismes microscopiques dans différents terrains, et notamment depuis que ce savant a signalé dans les marais des pellicules ocreuses, en grande partie formées par l'accumulation de carapaces ferrugineuses d'infusoires du genre *gaillonella*, on a supposé aussi que ces animaux pouvaient concentrer, sous forme d'amas puissants, le fer disséminé dans ces eaux; qu'ainsi le minerai de fer des marais se formerait à la manière des dépôts d'infusoires à têts siliceux que renferment certains marais, ou encore comme les couches de tripoli de Bilin. Ce fait remarquable ne me paraît pas devoir être applicable à tous les grands dépôts de minerai, et entre autres à ceux de la vallée du Rhin. En effet, dans beaucoup des eaux stagnantes des bords de la Lauter dont j'ai examiné les précipités au microscope, j'ai rencontré quelques carapaces ferrifères de gaillonelles; mais la plus grande partie de l'oxyde de fer est en grumeaux inorganiques, qui ont tout à fait l'aspect d'un précipité formé chimiquement.

D'ailleurs, lors même que dans certains cas l'organisme servirait à fixer la totalité de l'oxyde de fer du minerai des marais, comme il arrive pour le carbonate de chaux ou la silice, il resterait encore à expliquer quelles réactions apportent sans

cesse dans les eaux où vivent ces animalcules les combinaisons ferrugineuses qu'ils élaborent.

Observation de M. Kindler.

Une observation très-intéressante pour ce sujet est due à M. Kindler (1). D'après les nombreux faits analogues que j'ai observés dans la plaine du Rhin, elle me paraît être essentielle au phénomène en question. M. Kindler a remarqué que des racines d'arbres pourris qui se trouvaient dans un sable ferrugineux avaient graduellement enlevé le fer de ce sable, de sorte que celui-ci au bout de quelque temps, était devenu incolore à une distance de 2 à 3 centimètres de la racine. M. Kindler présume qu'il s'est formé un acide organique qui a réduit le peroxyde de fer et l'a dissout sous forme de protoxyde. Puis, le sel soluble se trouvant dans son parcours sous l'influence de l'air, il se transforme en un sel basique insoluble qui se précipite et qui s'accumule sur le sol des marais et des prairies où l'eau séjourne.

Après ce résumé rapide, passons à des observations qui serviront à préciser les principales circonstances dans lesquelles se forme le minerai des marais.

Nous prendrons pour premier exemple le minerai des marais des bords de la Lauter.

Sol de la forêt de Bienwald.

La Lauter coule de la chaîne des Vosges vers le Rhin en serpentant dans une large plaine sablonneuse que recouvre en partie la forêt dite du *Bienwald*. Quelques forts ruisseaux, tels que le *Heilbach* et l'*Aspach* qui prennent naissance dans la plaine, arrosent en outre cette forêt. Son sol est composé d'un sable quartzeux, souvent mélangé de

---

(1) Poggendorff. Annalen des Physick und Chemie XXXVII, p. 203.

cailloux et d'un peu d'argile, qui provient évidemment de la destruction du grès des Vosges. Ce dépôt sableux, qui s'élève jusqu'à 8 ou 10 mètres au-dessus des alluvions modernes, appartient au diluvium. La présence d'argiles imperméables d'époque tertiaire, à une faible profondeur au-dessous du sable superficiel, favorise la formation de vastes marécages, comme dans la forêt de Haguenau qui est placée d'une manière toute analogue.

Situation du minerai des marais dans le Bienwald.

C'est dans le sable marécageux de la rive droite de la Lauter que le minerai des marais est assez développé pour qu'il ait servi, il y a une vingtaine d'années, à l'alimentation du haut-fourneau de Schœnau (Bavière rhénane).

Le minerai que l'on a extrait longeait le Heilbach et l'Aspach, le premier ruisseau sur un kilomètre de longueur et sur une largeur de 25 à 30 mètres, le second avec une même largeur et sur environ 1.500 mètres d'étendue longitudinale; il n'était situé qu'à une profondeur de $0^m,30$ à $0^m,50$. En cassant un bloc massif de ce minerai, un ouvrier y a trouvé un fer à cheval; ainsi sa formation est bien certainement tout à fait moderne.

Précipité ferrugineux dont dérive le minerai.

Le Heilbach, large de $1^m,50$ à 2 mètres, coule rapidement entre des berges élevées de $0^m,60$ à $0^m,80$ au-dessus de son fond. Son eau est ordinairement très-limpide, et le gravier qui en forme le fond ne présente pas de traces de précipitation. Mais il n'en est pas de même des flaques d'eaux stagnantes que ses infiltrations alimentent le long de son cours. Au fond de celles-ci, on distingue un précipité gélatineux d'un gris blond tirant sur le jaune d'ocre, lequel adhère fortement à la surface des objets. Lorsque je visitai ces lieux, en avril 1844, toutes les feuilles encore vertes, tombées l'automne

précédent, étaient déjà couvertes d'un enduit de plus d'un millimètre d'épaisseur. Une pellicule ocreuse d'un brun jaune couvre aussi en partie l'eau des mêmes marais, de sorte que c'est au contact de l'atmosphère que la précipitation paraît se faire le plus rapidement.

On trouve quelquefois, dans les eaux croupissantes, des dépôts gélatineux verdâtres, gris ou bruns, qui consistent en une accumulation de conferves et d'autres plantes aquatiques à un état de décomposition plus ou moins avancé; au premier abord on pourrait les confondre avec celui dont il vient d'être question, mais ce dernier est d'une tout autre nature. Nature de ce précipité.

Le précipité desséché à l'air, à la température ordinaire, prend la teinte brun jaune qui est habituelle au peroxyde de fer hydraté. A part quelques petits insectes et de menus débris végétaux, j'y ai clairement reconnu à l'aide du microscope :

1° Beaucoup de grumeaux amorphes translucides d'un brun rougeâtre; ils sont solubles dans l'acide hydrochlorique; et la solution donne les réactions des sels de fer.

2° De nombreuses carapaces siliceuses d'infusoires appartenant à plusieurs espèces des genres *navicula* et *gaillonella*.

3° Des filaments nombreux verdâtres et translucides qui paraissent être des débris d'oscillaires.

4° Un grand nombre de grains de quartz hyalin à formes polyédriques, qu'une pellicule jaune enveloppe fréquemment.

Afin d'éviter l'altération chimique que le dépôt subit à l'air en se desséchant, j'en recueillis dans une bouteille d'eau, après l'avoir séparé aussi complétement que possible des corps étrangers; mais au Fermentation spontanée du même dépôt.

bout d'une douzaine de jours, lorsqu'à mon retour je voulus l'observer, une sorte de fermentation s'était faite. Le contenu de la bouteille exhalait une odeur infecte qui disparut quelques jours après; de plus, l'eau surnageante avait pris une couleur jaune d'ambre, et le dépôt insoluble était devenu d'un noir foncé.

Caractères chimiques de la liqueur après la fermentation.

La liqueur jaune donne par l'évaporation un résidu brun foncé qui n'a plus paru se dissoudre facilement dans l'eau; ce précipité calciné devient incandescent et laisse une petite quantité d'oxyde de fer. La même liqueur ne se trouble pas par l'ébullition; le fer n'y est donc pas à l'état de bicarbonate de protoxyde; il n'est pas précipité de ses dissolutions par les prussiates de potasse jaune et rouge, mais il l'est par l'hydrosulfate d'ammoniaque. L'acétate cuivrique et le sulfate ferrique y forment aussi des précipités. Le précipité brun obtenu avec l'acétate cuivrique ayant été complétement décomposé par l'hydrogène sulfuré, la liqueur surnageante fut évaporée à sec, et on obtint une substance paraissant avoir, d'après l'examen que M. Succ a bien voulu en faire sur ma demande, les caractères de l'acide apocrénique.

Le sel de fer dissous dans la liqueur paraît donc être l'apocrénate; la quantité en est très-faible.

Composition du dépôt insoluble après la fermentation.

Le résidu de la fermentation, qui sous l'eau est noir, devient d'un brun olivâtre après avoir été desséché à la température ordinaire; calciné dans un tube fermé, il abandonne de l'eau ammoniacale et se transforme en une poussière noire attirable au barreau aimanté.

Quand on traite la même substance par l'acide hydrochlorique, il s'en dégage de l'acide carbonique. La liqueur contient de l'oxyde ferreux, de

l'oxyde ferrique, de l'oxyde manganeux, une petite quantité de chaux, de magnésie et d'alumine, et des traces d'acide silicique.

J'ai recherché l'acide phosphorique dans une autre partie de la dissolution en la précipitant par l'ammoniaque. L'acide phosphorique, quel que fût son état de combinaison, devait se précipiter avec l'oxyde ferrique qui était en grand excès (1). Le précipité ayant été mis en digestion avec de l'hydrosulfate d'ammoniaque, on reconnut dans la liqueur la présence d'une quantité très-notable d'acide phosphorique. Mais je n'avais plus assez de matière pour procéder à une analyse quantitative.

Enfin l'ammoniaque mise en digestion avec la même poussière ferrugineuse se colore en jaune par la dissolution d'une substance organique.

Dissolution des carapaces d'infusoires par la potasse.

Si après avoir traité le précipité des marais par l'acide hydrochlorique, on soumet la partie insoluble à une dissolution bouillante de potasse, celle-ci enlève de l'acide silicique; d'un autre côté, en examinant au microscope le résidu de ce dernier traitement, on n'y trouve plus aucune carapace d'infusoire; les têts siliceux ont donc disparu, et ont été dissous dans la potasse.

Le minerai massif se forme par l'infiltration du précipité des marais dans les sables latéraux.

C'est le précipité dont il vient d'être question, qui, après avoir été en suspension dans l'eau des marais, s'infiltre graduellement dans les sables que baignent ces marais; là, il se réunit à de l'oxyde de fer qui y a été amené de la même manière les années précédentes, et finalement, il contribue à la formation des concrétions ferrugineuses de formes variées qui empâtent les sables et les cail-

(1) Sur les fontes phosphoreuses; par M. Berthier. Ann. des mines, 3e série, tome XIV, p. 130.

loux, lesquelles ne sont autre chose que le minerai des marais.

L'identité de l'origine du dépôt ferreux des marais et du minerai voisin n'est pas douteuse, car ce dernier est renfermé dans les sables qui bordent les marais où se forme sans cesse le précipité ocreux, et de plus il est situé au même niveau, à 2 ou 3 décimètres près. En outre, la composition chimique des deux substances est la même, ainsi que le montre l'analyse du minerai de Bienwald. Enfin le précipité gélatineux des eaux stagnantes se change, par une dessiccation artificielle, en une masse brune, très-dure, à cassure conchoïde, qui a absolument l'aspect de la principale variété de minerai.

Il est à remarquer que lorsque le précipité naturel est abandonné à lui-même sous l'eau, il se prend au bout de quelques semaines, à la manière d'un ciment hydraulique, en une pâte brune très-épaisse que l'on a peine à délayer. Ce précipité doit conserver longtemps dans un sol humide son état de mollesse, de telle sorte que les particules déposées à des époques éloignées peuvent parfaitement se souder ensemble.

Rareté des formes organiques dans le minerai des marais.

Le minerai de Bienwald diffère du dépôt dont il dérive par la rareté des carapaces siliceuses qu'il renferme. Quand on le soumet au microscope, après l'avoir préalablement traité par un acide, on n'y aperçoit plus que quelques très-rares débris de têts, tandis que ces mêmes dépouilles organiques abondent dans le précipité primitif. Cependant le résidu insoluble dans les acides traité par une dissolution de potasse caustique lui abandonne de la silice qui était sans doute combinée à de l'alumine ou à de l'oxyde de fer.

C'est dans le bassin de la Lauter et à l'amont des marais ferrugineux, que l'on pouvait espérer reconnaître l'origine de la formation du minerai. Effectivement en remontant la Lauter et les ruisseaux qui y affluent, j'ai rencontré une nombreuse série de sources et de suintements ferrugineux, tant dans les collines sablonneuses qui bordent la chaîne, qu'au-dessus de Wissembourg, dans la vallée de la Lauter. L'oxyde de fer est versé dans la Lauter et dans ses affluents par des sources.

Toutes ces eaux ferrugineuses sortent de sables ou de gravier quartzeux diluvien, qui résultent de la désagrégation du grès des Vosges. Ces sables sont ordinairement colorés en jaune par de l'oxyde de fer hydraté; ils contiennent en outre beaucoup de menus débris provenant des filons d'hématite brune qui traversent la vallée de la Lauter, aux environs de Bobenthal, de Schlettenbach et au Langenberg, près Weiler. Terrain d'où sortent ces sources.

Les eaux de ces sources se rendent à la rivière sous forme de petits ruisseaux sinueux. Dans les élargissements de la rigole où la vitesse du ruisseau devient très-faible, les eaux déposent, principalement pendant l'été, un précipité gélatineux qui a une grande ressemblance avec celui des marais. Examen du dépôt ocreux des sources.

En effet, à l'état humide, il est d'abord d'un brun noirâtre; mais il devient bientôt jaune au contact de l'air. Au microscope, on y découvre, comme dans le dépôt du Bienwald :

1° Des grumeaux qui, vus par réfraction, sont brun rouge et se dissolvent dans l'acide hydrochlorique.

2° Beaucoup de carapaces siliceuses appartenant aux genres *gaillonella* et *navicula*; elles se reconnaissent avec facilité, après que l'on a enlevé par l'acide hydrochlorique l'oxyde de fer qui y adhère.

3° De très-nombreux filaments fibreux verdâtres qui sont sans doute des débris d'oscillaire.

4° Des grains de sable quartzeux.

Le précipité des sources s'altère spontanément comme le dépôt des marais.

Ce précipité qui avait été recueilli dans une bouteille d'eau, subit une fermentation du même genre que le dépôt des marais. En effet au bout de 15 jours, l'eau surnageante avait pris une teinte jaune.

Nature de la liqueur surnageante.

Cette eau dont la filtration est fort lente, fait effervescence avec l'acide sulfurique; dès qu'on la chauffe, elle laisse déposer un précipité d'oxyde ferrique. Après que l'on a séparé le dernier précipité, le liquide filtré donne encore avec l'hydrosulfate d'ammoniaque la réaction du fer; évaporé à sec, le même liquide laisse un faible résidu qui, calciné à l'air, se brûle en partie et devient brun rouge comme l'oxyde ferrique. Comme c'est dans des circonstances analogues que M. Berzélius a découvert les acides crénique et apocrénique (1), il est probable que, dans ce cas, le fer se trouve aussi combiné en partie à ces mêmes acides, et en partie à l'acide carbonique; ce dernier peut provenir de la décomposition des oscillaires.

Examen du résidu insoluble.

Quant au dépôt insoluble séparé par la filtration de la liqueur précédente, il fait effervescence avec l'acide hydrochlorique, lorsqu'il est humide, mais après dessiccation, l'effervescence est très-faible. La dissolution acide renferme les oxydes ferreux, ferrique, manganeux, de la chaux, de la magnésie, de l'alumine, une faible quantité de silice, et des traces seulement d'acide phosphorique. Le résidu du traitement par l'acide se compose de quartz et

(1) Berzélius. Traité de Chimie; édition allemande, 1839, 8e volume, p. 393.

de matière organique : il noircit dès qu'on le met en contact avec la potasse caustique.

Desséché à la température ordinaire, le dépôt des sources se prend en une masse brune, à cassure conchoïde, ayant l'aspect du minerai des marais. La même substance calcinée au rouge dans un tube fermé, dégage une eau fortement ammoniacale et se change en une poussière noire magnétique.

La potasse bouillante y dissout aussi les carapaces siliceuses.

L'acide carbonique contenu dans le dépôt des sources de Weiler, se dégage en partie par la dessiccation à la température ordinaire, ce qui doit faire supposer que cet acide est en partie combiné à l'oxyde de fer. En effet j'ai trouvé : Quantité d'acide carbonique contenue dans le dépôt des sources avant et après la dessiccation.

1° Dans le dépôt humide pour la quantité correspondante à $0^{g},55$ d'oxyde ferrique, 25 centimètres cubes d'acide carbonique ou $0^{g},0497$.

2° Dans le dépôt desséché à la température ordinaire, il n'y a que des traces d'acide carbonique.

Une portion du fer est donc à l'état de carbonate. Composition du dépôt.

Ainsi en résumé, le dépôt des sources recueilli après quelque temps d'exposition à l'air, paraît consister principalement en un mélange d'oxyde, de crénate, d'apocrénate et de carbonate du même métal, renfermant en outre des traces d'acide phosphorique ; le même précipité contient en outre des têts d'infusoires, des filaments d'oscillaire et des grains de sable.

Les sources, autour desquelles se forment ces dépôts, ont une eau limpide, dont la saveur est si peu prononcée, qu'elle peut servir aux usages domestiques, comme à Weiler ; la proportion Les eaux à dépôts ferrugineux ont une saveur très-peu prononcée.

Telle est l'origine des dépôts ferrugineux des marais des bords de la Lauter, et des petites rivières voisines, telles que le Heilbach et l'Aspach.

Une partie de ce dépôt, probablement la plus considérable, est transportée dans le Rhin qui lui-même le charrie sans rien en déposer, tant qu'il a un cours rapide; mais dans les localités où ses eaux coulent avec une vitesse très-faible, ou bien lorsque ces eaux s'épanchent sous forme de marais, il en résulte une précipitation exactement semblable à celle qui a lieu le long de la Lauter. Ainsi l'oxyde de fer qui se précipite dans quelques parties de la Hollande en quantité telle qu'on l'y exploite, peut être en partie transporté par le Rhin, la Meuse, ou par les affluents de ces fleuves, à partir de points très-éloignés.

Enfin la portion de ce précipité qui n'a pas été fixée sur la terre-ferme, le long du cours du fleuve, est versée dans la mer où il contribue sans doute à cimenter des atterrissements tels qu'on en observe dans beaucoup de dépôts antérieurs à notre époque.

Lenteur du phénomène.

Il est vrai que les quantités de fer ainsi transportées à la fois, sont si faibles que, dans les grands cours d'eau comme le Rhin et même comme la Lauter, elles ne se laissent pas toujours immédiatement reconnaître par les réactifs; mais un transport continuel doit au bout d'un certain nombre d'années ou de siècles amener des dépôts notables. C'est ainsi que des végétaux finissent par enlever une quantité considérable de chlorures, de sulfates et de phosphates à des eaux qui ne renferment que des traces à peine perceptibles de ces sels, parce qu'une grande quantité d'eau a filtré pendant des années à travers le tissu du végétal.

pent pour abandonner tous les fonds de vallées à des prairies qui sont souvent arrosées avec trop d'abondance.

A côté du ruisseau, les eaux s'éparpillent dans une multitude de petites rigoles artificielles ou naturelles. Dans le lit principal du ruisseau, il n'y a aucun dépôt; mais dans les parties marécageuses *mm*, sous 1 à 3 centimètres d'eau, on voit un précipité brun gélatineux d'oxyde de fer qui atteint plusieurs millimètres d'épaisseur. Ce même précipité s'observe aussi très-bien dans toutes les rigoles d'irrigation, quand l'eau y est peu abondante. Dépôt et transport de l'oxyde de fer.

Pendant un certain laps de temps, les dépôts s'accumulent ainsi jusqu'à ce que, à l'époque des pluies, une inondation vienne laver le sol, et balayer tout ce qui n'est pas infiltré dans le sable, pour le transporter dans la Moselle ou dans le Rhin.

Les faits qui viennent d'être décrits ne sont pas accidentels; on les observe dans de nombreux vallons creusés à la limite occidentale du grès des Vosges, et situés entre Bitsche et Phalsbourg; il serait facile de citer un grand nombre de localités parmi lesquelles je mentionnerai seulement les environs de Himsbourg, le ruisseau qui descend du hameau de Rœsert, le ruisseau dit Spiegelbach, le moulin de Ratzwiller, etc.

Les prairies qui bordent la Sarre sur 7 kilomètres de longueur entre Saarunion et Herbitzheim, sont aussi habituellement couvertes en beaucoup de points d'eaux stagnantes, qui contiennent un abondant précipité gélatineux de peroxyde de fer. Ce dépôt dérive des eaux ferrugineuses qui sortent du gravier diluvien situé sur les deux parois de la Bords de la Sarre.

vallée. L'une des principales sources est à un kilomètre à l'ouest de Schoepperten.

Origine superficielle de toutes les sources ferrugineuses.

Les sources qui, dans la plaine du Rhin et dans la Lorraine contribuent à la formation des dépôts ferrugineux des marais, ont comme les sources ordinaires, une température comprise entre 9° et 11° centigrades. En arrivant au jour, elles sont en général limpides et incolores; on ne voit pas de bulles de gaz s'en dégager comme il arrive dans beaucoup de sources où le carbonate ferreux est dissous par un excès d'acide carbonique. Enfin plusieurs d'entre elles sont dans une dépendance évidente des époques de pluie et de sécheresses, et tarissent même à la suite de celles-ci. Ces caractères réunis à la circonstance qu'elles sortent de terrains sablonneux, indiquent que ces sources résultent d'infiltrations peu profondes ou même superficielles d'eaux météoriques.

Or comment des eaux pluviales dissolvent-elles de l'oxyde de fer dans un si court trajet souterrain? voici un fait général qui sert à le faire comprendre.

Dissolution de l'oxyde de fer sous l'influence de végétaux en décomposition.

Bariolures des argiles diluviennes.

Dans une partie de la haute Alsace, les collines des diverses formations comprises entre le grès bigarré et la molasse inclusivement, sont recouvertes d'une argile jaune sableuse qui, aux environs de Dannemarie est associée à des galets quartzeux et paraît appartenir au terrain tertiaire supérieur. Mais dans le Bas-Rhin, une argile toute semblable est intimement liée au loess ou dépôt diluvien supérieur. Dans cette dernière position, elle résulte probablement du remaniement du premier dépôt.

L'argile ferrugineuse *a* dont il s'agit (*Pl. I, fig.* 7), est très-ordinairement bariolée de nombreuses veines blanches *v*, qui, partant de la terre végétale, serpentent en tous sens, mais surtout

dans une direction voisine de la verticale, jusqu'à 2 et 3 mètres de profondeur. Quand on examine ces veines blanches, on remarque que chacune d'elles a une section circulaire, et que leur centre est occupé par une racine de plante en décomposition *r* (*fig.* 8 et 9); l'argile blanche *v*, forme autour de celle-ci une sorte de gaîne qui suit toutes les inflexions des racines et de leurs ramifications les plus déliées.

C'est donc par l'influence de ces racines décomposées que l'oxyde de fer hydraté mélangé à l'argile a été dissous, et cela jusqu'à une distance qui varie de 1 à 5 centimètres. Les ramifications principales des racines ont agi plus loin que les filaments plus fins.

Cette dissolution de l'oxyde de fer, qui est tout à fait analogue à la décoloration des sables observée par M. Kindler (1), s'observe dans un très-grand nombre de lieux de la plaine du Rhin, notamment dans ceux où l'argile est exploitée comme terre à briques, par exemple dans les environs de Niederbronn, de Lampertsloch, de Woerth, de Soultz-sous-Forêts, de Wissembourg, le long du bief de partage du canal du Rhône au Rhin, etc. La même argile avec ses pisolites ferrugineux et ses bigarrures jaunes et blanches, se retrouve aussi le long de la Forêt-Noire et sur le versant occidental des Vosges, dans les environs de Bütten, le long de la Sarre, dans la vaste forêt de Bonnefontaine, ainsi que dans beaucoup d'autres localités qu'il serait trop long d'énumérer. Partout où j'ai pu l'observer, j'ai reconnu que le fer a été

(1) Berzélius. Jahresbericht, XIIIe année, p. 343.

dissous ou l'est encore journellement, à proximité de matières végétales à l'état de pourriture.

Lorsque l'argile est assez sableuse pour permettre aux eaux de s'y infiltrer, il en sort quelquefois des suintements ferrugineux, par exemple, aux environs de Valdieu, ce qui confirme la première observation. Ailleurs, l'oxyde de fer dissous s'infiltre dans des fissures ou se réunit en petites concrétions.

Observations théoriques sur cette dissolution.

D'après les faits qui viennent d'être mentionnés, les eaux qui découlent de la surface du sol, le long des racines en voie de décomposition, se chargent dans leur trajet, d'un acide capable de dissoudre l'oxyde de fer.

Puisque l'oxyde de fer ramené et déposé à la surface par les sources qui produisent le minerai de fer est à l'état de sous-carbonate et de sous-crénate, c'est aux acides carbonique et crénique qu'il est naturel d'attribuer la dissolution souterraine. On sait d'ailleurs que l'acide carbonique est le principal produit de la pourriture humide des végétaux, et, d'après M. Berzélius (1), l'acide crénique, découvert par lui dans l'eau de Porla, se forme aussi dans la décomposition des plantes.

Comme le dépôt des mêmes sources récemment recueilli renferme une grande partie du fer à l'état de protoxyde, il est très-probable que le peroxyde de fer, avant d'être dissous, est ramené, au moins partiellement, au minimum d'oxydation par la présence de la matière végétale et des gaz réducteurs qu'engendre la pourriture. De cette manière, la dissolution dans l'eau se conçoit facilement, car le bicarbonate de protoxyde de fer est soluble

---

(1) Lehrbuch der Chemie; édition allemande, 1839, p. 393.

comme le bicarbonate de chaux; il en est de même du crénate ferreux d'après M. Berzélius; mais dès que la base de ce dernier se peroxyde, le sel devient insoluble et le crénate ferrique se précipite. En outre, il y a dégagement d'acide carbonique, ce qui donne lieu au dépôt de fer qui était dissous à la faveur de cet excès d'acide carbonique.

Du reste l'humus formant une source lente et continue d'acide carbonique, les eaux pluviales peuvent aussi en traversant la terre végétale, dissoudre une certaine quantité de cet acide; c'est pour cette raison que le carbonate de chaux est souvent dissous en proportion notable dans les eaux d'infiltration, sans que l'on observe aucune source particulière d'acide carbonique.

Conclusion du travail sur la dissolution et la précipitation journalières de l'oxyde de fer, et sur la formation du minerai des marais.

Les observations sur la dissolution et la précipitation journalières de l'oxyde de fer dans la nature, qui viennent d'être développées, étant rapprochées de la manière d'être très-uniforme des principaux dépôts de minerai de fer des marais en Europe, amènent aux conclusions suivantes :

1° Le peroxyde de fer, mélangé à des terrains superficiels et peu cohérents qui contiennent des matières végétales en décomposition, est dissous par les eaux météoriques qui s'infiltrent dans ces terrains, sous l'influence de certains produits de la pourriture des végétaux, comme M. Kindler l'avait reconnu (1). La décoloration d'argiles et de sables ferrugineux par les racines de plantes en putréfaction, s'observe sur de vastes étendues dans la plaine du Rhin et en Lorraine. Une racine située dans l'argile sableuse enlève en général le

(1) Poggendorff Annalen, mémoire cité plus haut.

fer jusqu'à une distance de 1 à 5 centimètres.

Si le sol est perméable, comme l'est le sable, les eaux qui contiennent le fer en dissolution reviennent à la surface du sol, et y forment des suintements ou de petites sources. Partout où ces eaux s'écoulent lentement, au contact de l'air, elles abandonnent, particulièrement pendant l'été, une boue gélatineuse, riche en fer, qui est l'élément de la formation du minerai de marais.

Les deux phases du phénomène, la dissolution souterraine et la précipitation sous l'influence de l'atmosphère, s'opèrent quelquefois dans les terrains imbibés d'eau, à quelques mètres seulement de distance.

Les roches amphiboliques et pyroxéniques amenées à l'état terreux, et d'autres roches ferrifères, lorsqu'elles se trouvent dans les mêmes circonstances que les sables ocreux des alluvions anciennes qui ont été mentionnés plus haut, se comportent d'une manière semblable.

2° C'est par l'action de l'acide carbonique et de l'acide crénique que le peroxyde de fer, réduit au moins en partie à l'état de protoxyde par la présence de la matière végétale qui l'avoisine, paraît être amené à l'état de solubilité dans l'eau. M. Berzélius avait déjà signalé comme très-probable l'intervention de l'acide crénique dans ce phénomène (1).

3° Le précipité que les suintements ou sources dont il s'agit abandonnent, au contact de l'air, consiste en une boue gélatineuse, d'un brun noirâtre, qui se compose principalement de protoxyde et de peroxyde de fer combinés à

(1) Berzélius. Jahresbericht, XVII, p. 210.

de l'acide carbonique, de l'acide crénique et de l'eau. L'oxyde de manganèse y manque rarement, et sa présence est probablement due aux mêmes réactions que celle de l'oxyde de fer. L'acide carbonique se dégage à mesure que le protoxyde de fer passe à l'état de peroxyde, et enfin, après que la substance a été desséchée naturellement ou artificiellement, à la température ordinaire, il n'y reste plus que des traces de cet acide.

4° Si le précipité a séjourné quelques jours dans le bassin ou dans la rigole de la source, il est en outre mélangé de beaucoup de carapaces siliceuses d'infusoires appartenant aux genres *navicula* et *gaillonella*, ainsi que de très-nombreux filaments d'*oscillaires*. Mais, contrairement à ce qui a été avancé, ces infusoires ne contribuent pas essentiellement à la formation des dépôts ferrugineux importants.

5° Quelquefois le dépôt ferrugineux va s'accumuler dans un sol marécageux, non loin du bassin où il s'est formé; mais le plus ordinairement, il est charrié, lors des hautes eaux, à un ruisseau ou à une rivière du voisinage; il en est de même de la partie de la combinaison ferrugineuse qui, n'ayant pas encore été décomposée, est restée en dissolution. Tant que ce ruisseau ou cette rivière coule rapidement, il ne dépose rien sur son lit. Mais partout où la vitesse du cours d'eau est considérablement ralentie, surtout dans les flaques d'eau stagnante qu'il alimente non loin de son lit, l'oxyde de fer tenu en suspension et celui qui est encore en dissolution, se précipitent petit à petit; puis le dépôt s'infiltrant latéralement

(1) Annuaire des mines de Russie, 1835, p. 240.

dans les sables va contribuer à l'accroissement de concrétions en forme de veines et de rognons, lesquelles au bout d'un certain laps de temps deviennent exploitables comme minerai de fer.

On doit toutefois observer que la marche suivie par l'oxyde de fer peut différer dans quelques détails de celle qui vient d'être tracée comme générale. Mais il serait superflu de décrire ces variantes qui s'expliquent toutes d'après les principes reconnus plus haut.

6° Néanmoins, on conçoit que l'oxyde de fer transporté par une rivière ne peut être ainsi fixé en totalité le long de ses bords, si ce n'est peut-être dans les endroits où par un renflement considérable, cette rivière produit des lacs, comme en Scandinavie ou en Finlande. L'excédant de la combinaison ferrugineuse se rend dans le fleuve voisin, le long duquel le même phénomène se reproduit, lorsque le fleuve alimente des marais. Enfin une dernière fraction est versée à la mer, où cet oxyde va sans doute contribuer à cimenter des dépôts incohérents, et former des grès ferrugineux, comme on en observe dans d'anciens terrains.

7° La composition chimique du dépôt des marais est semblable à celle du dépôt des sources; de même que ce dernier, il est mélangé de têts siliceux d'infusoires et de débris d'oscillaires.

Il n'y a de différence essentielle que dans la proportion d'acide phosphorique. Cet acide, qui ne se trouve que par traces dans le dépôt ocreux, au moment de sa première précipitation, existe en quantité très-notable, souvent de 0,005 à 0,01 et au delà, dans le précipité qui a séjourné dans les marais. Il paraît donc que l'acide phosphorique

des corps organisés qui vivent et meurent dans ces eaux, en raison de son affinité bien connue pour le peroxyde de fer, tend sans cesse à s'unir à cette dernière base.

L'observation précédente s'accorde bien avec un fait depuis longtemps reconnu dans le gouvernement d'Olonetz, savoir que le minerai qui se dépose dans les lacs est toujours moins phosphoreux que le minerai des marais.

8° Si l'on abandonne à lui-même sous l'eau le dépôt des sources ou celui des marais, il se fait une fermentation des parties organiques, à la suite de laquelle une faible quantité d'oxyde de fer se dissout de nouveau; une partie de l'oxyde de fer de la liqueur est à l'état de sel organique, l'autre à l'état de carbonate. Cette réaction vient à l'appui des idées théoriques émises plus haut sur la formation des sources ferrugineuses.

9° Toutes les principales circonstances du gisement habituel du minerai des marais et des lacs, paraissent d'accord avec la théorie qui vient d'être exposée. Ainsi on voit pourquoi le minerai de la première espèce se forme toujours à proximité des cours d'eau, dans les plaines peu inclinées et imbibées d'eau qui sont situées le long des rivières ou vers leur embouchure. On reconnaît aussi pourquoi ces dépôts sont si ordinairement associés à la tourbe dans toutes les contrées du nord de l'Europe, en Allemagne, en Hollande, en Suède, en Norwége et en Finlande : d'abord certains produits solubles qui ont traversé les terrains tourbeux agissent aussi quelquefois comme dissolvant sur les sables ferrugineux voisins, ainsi que M. Forchhammer l'a observé aussi en Dane-

marck (1). En outre une eau peu profonde qui se renouvelle sans cesse, mais avec une vitesse très-faible, est favorable à ces dissolutions souterraines et, en même temps, paraît réaliser la condition la plus essentielle à la formation de la tourbe.

10° Les marais où se développe le minerai de fer, sont quelquefois à proximité des terrains ferrugineux dont ils dérivent, comme le long de la Moder, de la Lauter et des ruisseaux voisins, et alors la relation qui les unit est facile à saisir. C'est aussi ce qui paraît avoir lieu dans la haute Silésie; en effet les vallées de Malapane, les environs d'Oppeln et de Carlsrehn où M. le Bergmeister de Carnall (2) a cité le *Raseneisenstein* sont à proximité des localités où le sphérosidérite de la formation jurassique est répandu. Mais il n'en est pas toujours ainsi. D'après ce qui a été exposé, la combinaison ferrugineuse peut être portée à 40, 100, 200 kilomètres du point de départ. Pour ceux qui n'ont examiné que ce dernier cas, l'origine du dépôt était difficile à discerner. D'ailleurs le phénomène, comme beaucoup d'autres actions chimiques qui ont lieu actuellement à la surface du globe, se fait avec une grande lenteur.

Il existe d'anciens dépôts analogue au minerai des marais contemporains.

Le mode de précipitation de l'oxyde de fer qui vient d'être exposé ne paraît pas être exclusivement restreint à l'époque actuelle, mais pour ne pas sortir du sujet de ce mémoire, je me bornerai ici à rappeler que dans beaucoup de régions de l'Europe, les sables et graviers des alluvions an-

---

(1) Jahrbuch für Mineralogie, von Leonhard und Bronn; 1841, p. 13.

(2) Bergmaennisches Taschenbuch; 1844.

ciennes sont cimentés çà et là par des veines ou des rognons d'oxyde de fer dont le dépôt, quoique aujourd'hui arrêté, est à rapprocher du minerai des marais. On pourrait aussi probablement rapprocher des dépôts contemporains des lacs, différents gîtes des terrains stratifiés, entre autres, ceux subordonnés à des sables tertiaires, comme ceux de Courtavon (Haut-Rhin), de Soufflenheim (Bas-Rhin), et comme les nombreux gîtes du département des Landes, décrits par M. Lefebvre (1). Ceux-ci forment des amas superficiels au milieu de sables quartzeux, et sont associés à des débris de bois, de glands et de coquilles, en partie passés à l'état d'oxyde de fer.

Dépôts ferrugineux formés par un autre procédé que le minerai ordinaire des marais.

Du reste, il est évident qu'aujourd'hui même la nature se sert encore de procédés autres que celui décrit dans ce mémoire pour former des dépôts ferrugineux. Ainsi dans la région volcanique de l'Eifel, les sources gazeuses de la vallée de Brohl apportent le fer à l'état de bicarbonate d'après M. Bischoff (2), et le déposent à la surface sous forme de peroxyde mélangé de carbonate ferreux. D'autres dépôts peuvent résulter de la décomposition spontanée de la pyrite de fer, en présence de l'air et de l'eau. Tels sont peut-être les amas ocreux des Pyrénées renfermant de l'or, ainsi que le suppose M. François (3). Mais parmi les dépôts contemporains de minerais de fer, ceux formés sous l'influence de la pourriture végétale dominent beaucoup en Europe par la grande étendue qu'ils possèdent; ils sont d'ailleurs

(1) Annales des mines, 3e série, tome IX, p. 353.
(2) Schweigger-Seidel. Jahrbuch fur Chimie, mémoire cité plus haut.
(3) Annales des mines, 3e série, tom. XVIII, p. 430.

à citer comme un des chaînons variés qui lient indirectement aux êtres organisés la formation de grandes masses minérales (1).

---

(1) Qu'il me soit permis d'attirer l'attention des physiologistes sur le rôle que paraîtrait jouer le fer dans l'acte de la végétation, d'après les observations qui précèdent.

Les éléments principaux de la nutrition des plantes sont, d'après les recherches les plus récentes, l'acide carbonique et l'ammoniaque.

Or, d'un côté l'oxyde de fer qui se trouve dans toutes les terres végétales peut favoriser la production d'acide carbonique par la faculté qu'il possède d'être facilement réduit par les matières organiques de l'état de peroxyde à l'état de protoxyde, et de repasser de nouveau à l'état de peroxyde par l'action de l'oxygène de l'air : le peroxyde de fer en contact avec la matière organique en brûle une partie, et se transforme en carbonate de protoxyde de fer ; mais quand plus tard l'oxygène de l'air intervient, le protoxyde de fer repasse à l'état de peroxyde, et l'acide carbonique se dégage au fur et à mesure de cette oxydation. Ainsi l'oxyde de fer servirait d'agent intermédiaire, destiné à amener une partie de l'oxygène nécessaire à la combustion des engrais, sous un état favorable à cette réaction.

D'un autre côté, d'après M. Boussingault, il est probable qu'il y a formation d'ammoniaque pendant le passage du protoxyde de fer à l'état de peroxyde, lors de l'oxydation du fer métallique sous l'eau. « C'est, dit ce savant (Économie rurale, t. I, p. 605), ce qu'il est occupé à démontrer par des expériences. » S'il en est ainsi, on voit facilement comment ces alternatives de réduction et d'oxydation seraient une source d'ammoniaque. Quoi qu'il en soit de cette réaction, le peroxyde de fer dans la nature renferme toujours de l'ammoniaque, et quand il passe à l'état de carbonate de protoxyde, il doit abandonner cette base dans un état favorable à l'action des plantes.

DESCRIPTION GÉOLOGIQUE

de l'île de Milo (archipel grec).

Par M. SAUVAGE, Ingénieur des mines.

J'ai eu occasion de parcourir, en novembre 1845, l'île de Milo, et mes observations m'ont conduit à considérer la formation de cette île d'un point de vue particulier, différent de celui qui est présenté dans la relation de l'expédition de Morée. Un géologue distingué, M. Virlet, a rapporté les couches tertiaires de Milo à la formation subapennine; mais il les a regardées comme postérieures aux masses de trachytes qui constituent une partie des montagnes (1). Je suis arrivé à une conclusion contraire. Il me paraît hors de doute que les couches tertiaires n'ont pas été déposées autour d'îlots de trachytes préexistants; mais qu'antérieures à l'apparition de ces roches éruptives, elles ont été soulevées par elles. L'île de Milo aurait ainsi la même origine que les environs de Naples, que l'île d'Ischia, et ses terrains trachytiques seraient contemporains de ceux des champs Phlégréens. Il existe des traces évidentes de cratères de soulèvement, et en plusieurs points, un grand nombre de couches récentes se relèvent sensiblement vers un centre commun.

Opinion de M. Virlet.

Même origine que les environs de Naples.

(1) Cette opinion paraît être aussi celle de M. Russegger, qui a écrit sur l'île de Milo (*Nouvelles Annales de géologie*, de M. de Leonhard et Bronn, 6e cahier, 1er et 2e cah. 1840; Lettres de M. Russegger).

Composition minéralogique des couches tertiaires.

Mais un fait digne d'être signalé est la composition minéralogique des couches qui occupent la base du terrain tertiaire, ou plutôt qui en forment la masse principale. Une partie de ces couches n'est autre chose qu'un tuf ponceux présentant la plupart des variétés du tuf de la baie de Naples, décrit par M. Dufrénoy dans son intéressant mémoire sur les terrains volcaniques de cette contrée (1). Ce tuf ponceux est en couches parfaitement réglées ; il contient de nombreux fossiles qui ne laissent aucun doute sur son origine neptunienne.

Forme circulaire de la rade.

L'île de Milo a la forme d'un fer à cheval ; la rade est ouverte au N.-O., et la forme circulaire du port avait fait établir un rapprochement entre cette île et celle de Santorin. Par suite de cette ressemblance de formes, et avant les observations précises de M. Virlet, M. de Buch avait été porté à considérer cet espace circulaire comme un cratère de soulèvement. Mais la formation de cette rade ne doit pas être attribuée à un cataclysme de ce genre. Les cratères de soulèvement dont nous avons déjà fait pressentir l'existence, ne se rattachent pas, directement du moins, à la configuration du port ; on les observe plus particulièrement sur le contour extérieur de l'île.

Trois sortes de terrains au premier aspect.

Une observation superficielle fait reconnaître trois espèces de terrains :

1° Les couches plus ou moins coquillères, stratifiées régulièrement, tantôt horizontales, tantôt inclinées diversement, qui se trouvent dans la partie centrale de l'île, au bord de la rade, et qui constituent d'ailleurs plusieurs lambeaux détachés ;

(1) Annales des mines, 3e série, tome XI, 1837.

2° Les trachytes qui composent presque exclusivement la pointe N.-O., le mont Kalamo, de nombreuses falaises et des caps élevés sur les rivages du nord et de l'est;

3° Des roches anciennes granitiques, schisteuses ou calcaires, qui forment le mont Saint-Élie, et les principales montagnes de la partie méridionale.

Mais une étude plus approfondie conduit à la connaissance de faits importants qui jettent une vive lumière sur la constitution de l'île.

Terrain modifié, hors de série.

D'abord, il existe en certaine abondance un terrain qui ne paraît rentrer dans aucune des catégories précédentes. Il offre bien un ensemble de caractères minéralogiques qui le rapprochent du tuf ponceux; mais il n'est plus, comme celui-ci, en masses régulièrement stratifiées; il est souvent pénétré de soufre et d'alun, et il présente des nuances variées, bigarrées de jaune et de rouge vif. En plusieurs points, ces roches se lient insensiblement au trachyte sous-jacent, tandis qu'à la partie supérieure, elles passent par degrés au terrain coquillier et stratifié. Ailleurs, ces liaisons ne se rencontrent plus, les masses de cette roche hors de série paraissent isolées.

Résultat de l'altération des couches supérieures.

Quoi qu'il en soit des nombreuses variétés de position et de gisement, ces roches sont le résultat de l'altération des couches de tuf et des autres couches tertiaires par les trachytes qui, au moment de l'éruption, ont pu déterminer le ramollissement et la fusion de certaines parties. La modification ne peut être attribuée, sur tous les points, à l'action unique d'une chaleur plus ou moins intense; les vapeurs acides qui ont accompagné les déjections ignées, vapeurs qui se dégagent encore au-

jourd'hui, ont eu sur le phénomène une influence sensible qui se continue journellement.

Non-seulement les trachytes et les acides ont produit de nombreux changements dans les couches de tuf; mais ils ont altéré certains lambeaux des roches de quartz et de schistes dépendant du terrain ancien qu'on retrouve intact dans la région du midi.

Situation des terrains tertiaires.

Une seconde observation se rapporte à la situation des terrains tertiaires. Aux environs du mont Kalamo, ils sont composés de tufs ponceux, de grès plus ou moins durs, et de couches friables qui se présentent dans la plus grande partie du pourtour de la montagne avec une légère inclinaison vers la plaine, comme si le trachyte les avait soulevés circulairement. La succession des bancs qui sont, auprès du Kalamo, à un niveau élevé, est la même que dans les affleurements de la plaine, au bord du la mer. C'est le même étage, ce sont les mêmes bancs qui renferment des fossiles à l'est de Palæo-Kastro.

Cette série se retrouve encore au nord du Kalamo, près du cap Rheuma, à un niveau inférieur, s'inclinant vers l'intérieur de la rade. Elle est relevée par les roches trachytiques qui bordent au-dessous d'elles le rivage, au midi du promontoire. D'autres lambeaux du même terrain ont été portés, à différents niveaux, dans une situation presque horizontale. Aux abords du massif de trachyte des environs de Milo, ces dépôts sont généralement peu inclinés, comme s'ils avaient été élevés verticalement au-dessus de leur position primitive. Si l'on bornait l'observation à ces dernières couches, on serait certainement porté à admettre l'antériorité relative du trachyte; mais

l'ensemble des circonstances du gisement des tufs ponceux ne peut laisser aucune incertitude sur l'époque du soulèvement.

Les terrains tertiaires ont été percés en un grand nombre de points.

L'éruption du trachyte s'est faite sur une grande étendue et simultanément sur un grand nombre de points. La croûte des terrains stratifiés a été percée en beaucoup d'endroits : ici des lambeaux ont été soulevés en conservant leur position horizontale ; là ils ont été relevés autour d'un même centre en formant un véritable cratère de soulèvement. Ces diverses dislocations présentent naturellement une grande confusion; les lignes de soulèvements locaux se sont mutuellement contrariées, et les soulèvements circulaires, en se croisant, ont détruit l'ordre régulier qu'on observerait sans cette circonstance.

Description des terrains.

Après ces considérations générales, nous passerons à la description des terrains, en insistant surtout sur l'étage tertiaire.

Nous aurons peu de chose à dire des nombreuses variétés de trachytes qui ont été minutieusement décrites par M. Fiedler (1). Quant aux roches anciennes, nous nous sommes borné à les indiquer sur la carte géologique (*Pl. II, fig.* 1), que nous avons dressée à l'appui de cette description. Nous reviendrons ensuite sur la disposition générale des terrains.

Subdivision de la formation tertiaire.

On peut établir dans la formation tertiaire de Milo deux étages principaux : l'un, à la base, composé de tufs et de conglomérats ponceux à divers états; l'autre de couches grenues jaunâtres, avec quelques bancs calcaires. Ce dernier système forme au-dessus du premier des escarpements

(1) Reise durch alle Theile des Königreiches Griechenland; Leipzig, 1841.

assez abruptes qui le font distinguer à distance. Le système inférieur est caractérisé par sa couleur blanche ou grise; l'autre se fait remarquer par des nuances plus foncées, jaunes ou brunes.

Description du tuf.—Variétés. Le tuf ponceux alterne avec des marnes et avec de véritables argiles. Les couches n'ont pas une grande épaisseur; la plus ordinaire est de 20 à 25 centimètres.

Les principales variétés sont les suivantes:

1. Tuf composé de débris de trachyte, à divers états, reliés par une pâte ponceuse, d'un tissu plus ou moins serré. Tantôt cette pâte est grenue; tantôt elle a l'aspect de la glaise. Quelquefois les fragments de trachyte sont rares; la roche ressemble alors, à s'y méprendre, à certaines argiles des terrains tertiaires.

2. Tuf formé de gros fragments de pierre ponce, à tissu soyeux; on serait tenté de le prendre pour un produit igné, mais sa liaison avec des couches à débris plus fins et à fragments de coquilles font repousser cette supposition. On trouve avec la ponce des fragments de galets d'un calcaire cristallin et de micaschiste.

3. Tuf friable, ressemblant à du sable médiocrement agrégé. De même que dans la plupart des formations sableuses tertiaires, on y trouve d'étroites cavités cylindriques, et, contre les escarpements, des parties plus solides qui figurent des tiges plus ou moins branchues. Ce tuf renferme aussi des nodules calcaires à couches concentriques.

4. Tuf ayant l'apparence d'un grès solide, associé au précédent. On y voit de nombreuses cavités et des parties friables qui s'égrènent sous la pression du doigt.

5. Variété remarquable qui ressemble à de la craie ; elle tache les doigts ; elle contient des fragments de coquilles. Souvent le tissu en est serré ; la roche est compacte, à cassure conchoïde, et ressemble tout à fait à un calcaire. Elle est quelquefois nuancée de rose et de rouge vif.

6. Roche analogue à la précédente ; mais devenue schisteuse et chargée de paillettes de mica.

Les diverses couches de tuf sont souvent traversées par des veines de quartz calcédoine concrétionné.

Cette formation comprend des couches régulières qui couvrent de grands espaces. Des ravins très-profonds et très-étroits y sont ouverts. Ils présentent des parois à pic, où l'on voit affleurer les diverses couches caractérisées par leur nuance, leur texture et la grosseur variable des fragments. Les bancs les plus durs forment des zones régulières et s'avancent en corniche au-dessus des parties meubles. Certains bancs ont l'aspect des mollasses de la Suisse. On peut étudier cet étage, au nord de l'île, dans les grands ravins, où se rencontre aussi un beau gisement de fossiles.

Étude chimique de plusieurs variétés des roches tertiaires.

La description minutieuse des roches de cette formation présente de grandes difficultés, et elle est réellement impossible sans le secours de l'analyse chimique. Il nous a paru intéressant d'examiner, sous ce point de vue, quelques-unes des variétés associées au tuf ponceux proprement dit. Ces roches, siliceuses en général, sont souvent imprégnées de matières salines, principalement de chlorure de sodium. La plupart renferment une grande proportion d'eau, et plusieurs, dont la situation au milieu des couches tertiaires n'est pas douteuse, recèlent des quantités considérables

d'alunite. Enfin la silice n'y est pas exclusivement à l'état de quartz ; mais, chose remarquable, elle s'y présente souvent sous forme de silice gélatineuse soluble dans les dissolutions alcalines. Les variétés que nous avons étudiées sont :

(*a*) Une roche blanche terreuse, à noyaux ou concrétions de matières salines. Elle renferme sur 100 parties :

Eau.	12,00
Sels anhydres (trace d'alun et sel marin).	8,00
Alunite.	17,20
Silice libre.	9,50
Quartz, avec un peu d'argile et d'oxyde de fer.	53,30
	100,00

(*b*) Une roche d'un blanc mat, à cassure irrégulière, légère et sonore. Elle renferme :

Eau hygrométrique.	3,00
Eau combinée.	11,00
Silice gélatineuse.	26,00
Quartz.	60,00
	100,00

Dans cette roche, l'eau est évidemment combinée avec la silice, qui dès lors est à l'état d'hydrate silicique exprimé par la formule $(SiO)^3 (HO)^2$.

(*c*) Une pierre grenue, jaune avec taches blanches, légère, sonore, souvent poreuse, empâtant des fragments de ponce et d'autres roches, passant à une roche rubanée, celluleuse ; elle contient :

Eau.	16,70
Sels anhydres (traces d'alun, de sel marin et de chlorure de potassium.)	7,20
Alunite.	10,00
Oxyde de fer.	3,30
Silice libre.	3,80
Quartz.	59,00
	100,00

(*d*) Une roche blanc rosé, avec filets couleur de chair, rude au toucher, happant à la langue, d'une faible densité; elle se compose de :

Eau.	20,00
Silice (à l'état d'hydrate).	30,00
Alunite.	20,00
Quartz avec argile.	30,00
	100,00

C'est un mélange de quartz, d'hydrate silicique et d'alunite.

(*e*) Une roche gris verdâtre, savonneuse, douce au toucher, fort tendre, qui se rencontre en bancs épais et nombreux. Elle a la composition suivante :

		Oxygène.	
Eau.	12,70	11,20	2
Silice.	31,60	16,40	3
Alumine.	23,20	10,70	2
Magnésie et alcalis.	3,20		
Quartz.	29,30		
	100,00		

Les proportions d'oxygène conduisent à la formule $Si^3 Al^2 Aq^2$, qui appartient aux halloysites. La rencontre de cette roche dans les terrains tertiaires de Milo offre de l'intérêt. Elle dérive des roches du groupe feldspathique par un mode d'action qui s'est exercé sur de grandes étendues.

L'halloysite de Milo est la même que celle des terrains tertiaires de la Champagne, où nous avons rencontré ce minéral constituant les principales assises de l'argile plastique.

(*f*) Une roche de couleur brique claire, nuancée de parties rouges, très-sonore, très-légère, grenue, tendre, ressemblant à une pierre siliceuse qui aurait été calcinée. Elle contient :

Eau.	2,00
Traces d'acide sulfurique.	»
Sel marin.	6,00
Silice libre.	18,00
Argile.	10,00
Quartz.	64,00
	100,00

(*g*) Un grès à grains fins, gris blanchâtre, qui se trouve principalement à l'est de Palæo-Kastro, dans les grands ravins, au milieu des couches de tuf et de conglomérats. Ce grès se compose de :

Eau.	10,00
Argile.	6,00
Quartz.	84,00
	100,00

(*h*) Un grès plus tendre, plus sableux, qui contient :

Eau et traces d'acide sulfurique.	10,00
Silice gélatineuse.	10,00
Quartz, etc.	80,00
	100,00

L'origine de la plupart de ces roches n'est pas douteuse.

L'alunite, ainsi que la silice libre, sont le résultat de la décomposition de roches feldspathiques par l'acide sulfurique dont on retrouve encore des traces.

Les fossiles que l'on rencontre dans ce terrain, à des niveaux variables, se rapportent aux espèces du terrain subapennin. Nous avons recueilli les suivants :

Coronula diadema (*Lam.*),
Pecten Jacobœus (*Lam.*),
— flabelliformis (*Brocchi*),
— pseudamusium (*Desh.*),
— squamulosus (*Desh.*),
Ostrea Boblayei (*Desh.*),
Terebratula ampulla (*Brocchi*),
Murex trunculus,
Echinus,
Cidarites,
Cardium,
Isocardia,
Pointes d'oursins.
Un fragment de vertèbre de mammifère.

Les calcaires qui se trouvent surtout dans la division supérieure du terrain offrent moins de variété que les couches inférieures. Ils sont en bancs assez épais, de couleur jaunâtre. Le calcaire est grenu, souvent fort dur, et forme au-dessus du tuf un second étage d'escarpements élevés. Il est en connexion intime avec d'autres roches avec lesquelles il a été souvent confondus. Ces roches sont grenues, de couleur jaune, ayant le facies des calcaires. L'analyse d'une variété dure, qui ressemble à s'y méprendre au calcaire *Poros* (1), a donné : Calcaires et roches siliceuses.

Quartz et silice gélatineuse. .	93,30
Alumine et oxyde de fer. . . .	6,70
	100,00

(1) Voir la description de ce calcaire dans la Relation de l'expédition de Morée.

Une autre plus sableuse contient :

Eau.	15,00
Silice libre.	10,00
Quartz et oxyde de fer. . . .	75,00
	100,00

Épaisseur du terrain tertiaire. L'ensemble de la formation tertiaire a plus de 60 mètres d'épaisseur. Elle atteint souvent des niveaux élevés, par suite des soulèvements qui l'ont dérangée de sa situation primitive. Mais, quel que soit le niveau auquel on l'observe, elle se fait remarquer par la constance de ses caractères.

Classification. D'après l'ensemble des caractères zoologiques, on doit admettre que ce terrain est du troisième étage tertiaire, de l'époque subapennine. La considération des directions générales de soulèvement présente quelque intérêt. On remarque qu'à part les soulèvements circulaires produits par le trachyte aux environs du Kalamo, les strates sont très-fréquemment dirigés suivant une ligne parallèle à la direction moyenne de la rade, et cette direction est bien voisine de celle des derniers relèvements de la Morée, de celle du système du cap Ténare, qui se retrouve dans les dislocations récentes de la Sardaigne et de la Provence. Peut-être l'île de Milo devrait-elle sa forme à ce dernier cataclysme. Le massif principal de trachyte, à la pointe d'Akradiès, et celui de la solfatare de Kalamo, qui tous deux constituent les groupes trachytiques les plus saillants et les plus considérables, sont en outre précisément sur cette direction. Toutefois nous n'attachons qu'une faible importance à cette opinion ; car il pourrait se faire que les trachytes aient pénétré par des fentes ou

des déchirures anciennes déterminées par les dislocations antérieures dans une direction voisine du N.-N.-O.

Les trachytes forment, comme on l'a indiqué, un massif principal à la pointe N.-O. de l'île. Ils constituent plusieurs montagnes de forme conique; la principale et la plus élevée est celle de Palæo-Kastro, sur le flanc de laquelle est bâtie la ville de Milo. Souvent aussi les montagnes de trachyte se terminent par un plateau horizontal et ont l'apparence d'une pyramide tronquée. Près de Palæo-Kastro, ces plateaux et le flanc des montagnes voisines, entre la ville et le port, sont couverts d'obsidienne vitreuse d'un beau noir. **Groupe des trachytes.**

On rencontre, parmi les variétés de la roche volcanique, le trachyte brun, à texture compacte, se divisant en masses prismatiques; le trachyte gris avec amphibole noire et feldspath vitreux; le trachyte blanchâtre avec mica; le porphyre trachytique poreux, gris noirâtre; le trachyte granitoïde souvent décomposé : on en trouve des gisements entre la Milo vénitienne (aujourd'hui en ruines) et le mont Kalamo. Au mont Kalamo lui-même, près de la Solfatare, il y a des variétés grenues grisâtres, au milieu de conglomérats trachytiques à fragments noirs et compactes.

La description détaillée des roches tertiaires altérées par les trachytes et les agents souterrains présenterait des difficultés à raison des nombreuses modifications qu'on y rencontre. D'un autre côté, ces modifications ont été si profondes en certaines parties, qu'il paraît impossible d'établir la ligne de démarcation entre le groupe volcanique et les roches supérieures. Certaines pourraient être prises **Roches modifiées.**

pour des produits ignés qui appartiendraient réellement au terrain subjacent modifié.

1. Tuf à obsidienne. On considérera, en premier lieu, le tuf des environs de Milo qui contient de nombreux fragments d'obsidienne. Ces couches de tuf, voisines des scories vitreuses liées au trachyte, ont sans doute une origine analogue à celle du tuf qui recouvre le *piperno* de la colline des Camaldoli à Naples. Il semble que les fragments d'obsidienne amenés du bas aient flotté à la surface du trachyte fondu, et que les parties fines du tuf, mises en fusion au contact de la masse ignée, aient enveloppé ces scories et les aient soudées dans la masse ponceuse.

2. Pierre meulière. Une roche poreuse exploitée comme pierre à meules doit fixer en second lieu l'attention. C'est une pierre cariée, de dureté variable, dont le gisement principal est dans un profond ravin vers le cap Rheuma. Elle se présente en masses irrégulières sans stratification apparente. Elle passe, en remontant le ravin, à des tufs bien caractérisés, sans fossiles néanmoins, mais qui renferment des fragments anguleux de micaschiste et de gneiss. Ces roches poreuses sont traversées par des filets de perlite et de quartz opalin; quelques fissures sont tapissées de soufre et d'alun. Du côté de la mer, elles semblent se lier aux trachytes par des roches grenues, tachées de diverses nuances, rouges foncées, violettes, roses et jaunes, alunifères, et imprégnées de soufre, qui proviennent évidemment de roches volcaniques violemment attaquées par les vapeurs acides. Cette roche siliceuse, à tissu lâche, qui forme des collines accidentées près du cap Rheuma, se présente sur tout le pourtour extérieur de l'île en masses isolées,

liées çà et là à des trachytes bien définis et qui n'ont subi aucune altération. C'est dans les fentes de ces roches que se rencontrent les grottes à parois tapissées de soufre, d'où s'échappent des eaux minérales à une température élevée.

La roche des meulières est du quartz presque pur, ne renfermant que 1 pour 100 environ d'alumine et 1 pour 100 de potasse. Telle est aussi la composition de toutes ces roches blanches poreuses imprégnées de soufre. On peut se demander si ces roches ne sont pas le résultat immédiat du refroidissement d'une écume purement siliceuse, et dans cette hypothèse il faudrait admettre qu'une température très-élevée eut présidé à ces phénomènes. Composition chimique de ces roches.

La cimolithe, sorte d'argile molle, se lie aussi aux tufs modifiés, dont elle occupe généralement la partie supérieure. Elle n'est probablement qu'une glaise du terrain tertiaire attaquée par l'acide sulfurique. L'examen chimique que nous avons fait de cette singulière terre, en réputation parmi les anciens, confirme cette manière de voir. La terre cimolée n'est pas une argile; un de ses principaux éléments est la silice à l'état gélatineux, soluble dans les dissolutions alcalines. On représente, dans les traités de minéralogie, la cimolithe par la formule $AlSi^3 + Aq$, qui est inexacte. La cimolithe des environs de Palæo-Kastro est ainsi composée : 3. Cimolithe.

Eau qui se dégage à 100°		14
Eau qui ne disparait qu'à la chaleur rouge		4
Silice libre		44
29 d'une argile attaquable par l'ac. sulf.	Silice	16
	Alumine	13
Quartz		9
		100

C'est un mélange de silice gélatineuse, de quartz et d'une argile de la famille des Halloysites.

Cimolithe du mont Kalamo. Le mont Kalamo nous présente une roche de la même espèce, plus riche encore en silice gélatineuse. Elle est légère, solide, d'une blancheur éclatante. Elle se trouve à la solfatare, auprès de la terre sulfureuse et contre les trachytes qui bordent l'enceinte. Nous sommes porté à croire que cette variété est celle que les anciens employaient en peinture. Elle a la composition suivante :

Eau hygrométrique. .	7
Eau combinée.	2
Silice gélatineuse. . .	66
Quartz et argile. . . .	25
	100

Elle renferme en outre un peu d'acides sulfurique et chlorhydrique libres et quelques traces de matières salines : alun et sel marin.

Roches alunifères. Dans le même groupe se trouvent encore les roches alunifères qui se produisent journellement au sein de l'île de Milo, au milieu des tufs ponceux. Ces roches sont soumises, en certains endroits, à une action énergique de vapeurs sulfuriques. Le centre de l'action est tantôt au milieu des couches de tuf stratifié, tantôt il est plus rapproché des masses trachytiques elles-mêmes et la pierre d'alun contient alors des fragments de trachyte inaltérés et des cristaux de feldspath.

Alunites. Enfin, parmi les roches qui se lient d'une part aux roches éruptives et de l'autre aux terrains tertiaires, nous citerons des masses d'alunite qui ont exactement la composition de celle de Hongrie, analysée par M. Berthier. Cette alunite est en masses compactes, blanches, d'une grande densité.

Elle renferme :

				Oxyg.	Rap.
Eau			10,60	9,40	6
Sulfate d'alumine.	53,00	A. sulfurique.	23,00	14,00	9
		Alumine.	30,00	14,00	9
Sulfate de potasse.	17,40	A. sulfurique.	8,00	4,79	3
		Potasse.	9,40	1,59	1
Quartz			19,00		
			100,00		

Ces rapports conduisent à la formule :



$$\dot{K}\ddot{S} + 3\dddot{Al}\ddot{S} + 6\dot{H}.$$

Cette alunite passe, à la partie supérieure, à une masse d'un blanc plus vif, moins dense, dont *la structure* a une tendance globuleuse, et qui elle-même dégénère en une roche noduleuse. Cette roche est ainsi composée :

Eau, sel marin, chlorure de magnésium, sulfate de chaux et acide sulfurique libre	26
Alunite, comme ci-dessus	20
Silice gélatineuse	12
Quartz	42
	100

En l'absence de carte détaillée, il est difficile de décrire avec précision nos observations locales. Nous avons regretté que le travail des officiers d'état-major français ne comprît pas encore cette île intéressante (1). Nous avons cherché à y suppléer par la carte approximative (*Pl. II*, *fig.* 1) jointe à cette description.

(1) Ce travail se continue, et il est probable que les cartes des îles seront publiées dans un petit nombre d'années. Nous avons aujourd'hui celles de Tinos, de Naxos, d'Œgine, de Santorin et de Syphante.

Descriptions locales.

Entre le débarcadère et la ville vénitienne, on suit, avant d'atteindre la plaine basse de Proto-Thalassa, le tuf ponceux en couches presque horizontales, s'élevant non loin de la mer à une vingtaine de mètres. Ce tuf contient des coquilles; il consiste principalement en conglomérats arrondis au milieu d'une pâte peu solide, et en bancs d'une pierre à grains fins (variété *f*, page 76).

Environs de la ville vénitienne.

Les escarpements des montagnes situées au nord présentent, à des niveaux plus élevés, les tranches de ces mêmes couches, tantôt d'un blanc éclatant, tantôt d'un rouge brun. Aux approches de l'ancienne ville, elles cessent d'être de niveau et plongent avec une faible déclivité vers la rade, c'est-à-dire vers le S.-O.

Au-delà, dans la direction du cap Rheuma, les tufs sont plus durs, plus compactes; ils alternent avec des conglomérats de fragments trachytiques et ponceux à tissu soyeux. Ces couches, au milieu desquelles se rencontrent des fossiles, ne sont pas horizontales; mais leur inclinaison n'a rien de constant, cependant si l'on se rapproche, vers le nord de la ville, de la grotte de Sainte-Vénérande, où se trouve un gîte d'alun, les tufs plongent vers le N.-E. avec une certaine uniformité et sur une notable étendue. Plus au nord, les couches tournent et présentent exactement leur face au nord.

La grotte d'alun.

Au-dessous de ces dépôts réguliers est la grotte d'alun, au milieu d'un tuf décomposé et incessamment attaqué par les agents volcaniques. La masse consiste en un conglomérat à débris de trachyte, avec cristaux de feldspath et d'amphibole en partie décomposés. On y observe de très-beaux cristaux d'*alun de plume*; la masse est fort riche en alun. On pénètre dans les cavités souterraines par un

conduit très-étroit, où l'on ne s'engage qu'avec peine. Après quelques mètres d'une descente rapide, la grotte s'élargit et présente les traces d'anciens travaux. Des piliers réservés dans la masse soutiennent le terrain. Toutes les parois sont tapissées d'alun; la température y est d'au moins 45°.

Si nous ne craignions d'être accusé d'avoir apporté dans nos observations une idée systématique, nous serions tenté d'affirmer que la dépression du terrain, voisine de cette grotte, correspond à un cratère de soulèvement. L'observation de l'inclinaison régulière des couches autour de cette dépression et au-dessus de la plaine donne à cette opinion un certain degré de probabilité. Mais sans nous arrêter à cette hypothèse, nous aurons occasion de signaler, dans l'ensemble de nos études, plusieurs dispositions qui montrent avec évidence ces soulèvements circulaires.

Dans la plaine de Proto-Thalassa, à quelques mètres au-dessus du niveau de la mer, il y a plusieurs sources d'eau salée d'une température élevée; l'une sort d'une grotte assez profonde, ouverte au milieu du tuf, d'autres sourdent du sable de la plage, avec un fort dégagement d'hydrogène sulfuré. Un marais s'étend à quelque distance de la ville, et ses émanations jointes aux dégagements méphitiques d'hydrogène sulfuré rendent la contrée malsaine, et ont contribué à la destruction et à l'abandon de la ville vénitienne. Sources salées.

Si l'on continue à suivre, au sud-est de la ville, le chemin du cap Rheuma, on monte graduellement par les escarpements des tufs ponceux surmontés de grès jaunâtres et de calcaires coquillers. Puis, avant de descendre dans le ravin sinueux qui conduit à l'exploitation des meulières, on foule Chemin du cap Rheuma.

aux pieds plusieurs affleurements de roches anciennes, gneiss et quartzites, dont quelques-unes sont modifiées et portent la trace d'une action ignée.

Système des mêmes couches à différents niveaux.

Du point culminant où nous sommes parvenus, on découvre vers le nord et vers le nord-est les affleurements des couches tertiaires, et de ce point d'observation, on reconnaît que les diverses parties du terrain ont été disloquées et portées à des niveaux différents. Ainsi, à partir de la mer, nous avons suivi un ensemble de couches de tuf recouvert par des grès et des calcaires. Au nord, à un niveau supérieur, la même succession se présente; on aperçoit, plus haut que les calcaires des premiers escarpements, un second étage de tufs ponceux, surmonté lui-même d'un second ensemble de couches grenues de nuance sombre, formant une seconde falaise, ou plutôt une série de collines alignées du N. 20° O. au S. 20° E.

Pierre à meules.

Si maintenant l'on descend vers la mer en suivant les sinuosités du ravin, on voit qu'il est entièrement ouvert dans une brèche ponceuse, cariée, sans stratification distincte; mais empâtant des fragments de gneiss. Cette brèche passe par degrés insensibles à la roche exploitée pour la fabrication des meules. L'exploitation a lieu dans la partie inférieure du ravin, d'une manière vraiment effrayante. On y descend par un long conduit en forme d'hélice, très-étroit, à l'extrémité duquel on a pratiqué les excavations dans la masse rocheuse. La dureté de la pierre est variable. Les meules sont toujours fabriquées de plusieurs morceaux et l'on réserve les moins durs pour la partie centrale.

Côtés du ravin.

Des deux côtés du ravin, les couches tertiaires plongent vers l'est et le sud-est; l'ensemble du

terrain que nous venons de décrire est figuré par le profil *Pl. II, fig.* 2.

Entre le ravin des meulières et le mont Kalamo, les formes du terrain ont une disposition particulière. Abstraction faite des nombreuses déchirures qui traversent le sol en tous sens, les affleurements des couches tertiaires présentent une crête demi-circulaire, ouverte du côté de la Méditerranée. Les couches, qui montrent leur tranche vers l'échancrure, s'inclinent sensiblement à l'ouest et au sud-ouest, du côté de la rade. Si l'on descend à la mer, en suivant l'escarpement rapide de l'affleurement, on rencontre bientôt, au-dessous de la crête, les tufs mélangés de fragments de trachyte; puis la stratification cesse d'être distincte. L'espace circulaire bordé par l'enceinte que nous venons de décrire offre l'image du chaos. C'est une série de monticules isolés, séparés par des gorges profondes et étroites, ouvertes dans des trachytes, des ponces et des conglomérats divers. La forme la plus générale de ces collines est une pyramide tronquée, terminée par un plateau horizontal, couvert de débris de gneiss et de quartzites; d'autres affectent une forme conique, et sont entièrement cachées sous des débris ponceux. Il semble qu'indépendamment du soulèvement général qui relevait vers un centre commun les couches tertiaires et les inclinait vers l'ouest et le sud-ouest, des actions secondaires s'exerçaient dans l'intérieur du vaste cratère ainsi formé et donnaient naissance à une multitude de petites buttes. La forme surbaissée des mamelons à plateau horizontal est assez singulière et ne peut guère se concevoir que par le soulèvement vertical de l'alluvion à fragments anguleux qui les recouvre.

Entre le ravin des meulières et le mont Kalamo.

Falaises.

Ces formations se terminent vers la mer par des escarpements à pic, qui présentent de la manière la plus pittoresque de grandes lames de trachyte noir, des ponces et des brèches aux plus vives couleurs. Certains trachytes sont poreux et empâtent de nombreux cailloux de quartz, souvent brisés; d'autres enveloppent des fragments de gneiss et de micaschistes qui n'ont subi aucune altération dans leur texture et leur forme. Au pied de ces mêmes falaises et presque au niveau de la mer, se trouvent des cavités et des fentes profondes tapissées de soufre, souvent en gros et beaux cristaux.

Cône subordonné.

Indépendamment de cette grande dépression cratériforme, demi-circulaire, on voit, sur le revers occidental, à quelque distance de la crête et au milieu des couches régulières du tuf, un lambeau de trachyte avec ponce. Il s'est élevé en cet endroit beaucoup plus haut que dans l'intérieur de la dépression; il a percé les couches tertiaires en les relevant autour de lui. C'est un petit cône subordonné au massif principal et qui se rattache bien au système d'accidents que nous décrivons. Le profil (*Pl. II, fig.* 3), donne une idée générale, quoique bien imparfaite, de l'ensemble de ces faits.

Autres relèvements circulaires.

Entre la contrée qui vient d'être décrite et le Kalamo, il existe d'autres traces de soulèvements circulaires qui se croisent avec le précédent. A la vérité, les trachytes n'apparaissent plus, mais leur effet s'est fait sentir sur les couches qui sont relevées circulairement et se terminent vers la mer par une falaise escarpée et en une pente douce du côté de la rade. Au nord-ouest du mont Kalamo, les terrains offrent deux étages distincts, produits par une rupture des couches (*Pl. II, fig.* 4).

Au mont Kalamo, le trachyte atteint un niveau beaucoup plus élevé qu'en aucun des points précédents. Il est baigné d'un côté par la mer, et il est enveloppé, sur la plus grande partie de son contour, par des couches de tuf ponceux qui atteignent une grande hauteur, en se maintenant néanmoins au-dessous du sommet de trachyte. Le mont Kalamo.

La disposition de ces couches ne laisse aucun doute sur la cause qui les a relevées; elles sont placées circulairement autour des masses trachytiques. A la vérité l'inclinaison est faible, et cette circonstance semble indiquer que le trachyte ne s'est pas élevé brusquement en déchirant les couches qui formaient le sol; mais qu'un massif considérable s'est exhaussé, emmenant, dans son mouvement vertical, un lambeau du terrain supérieur. Les couches de ce terrain auraient été crevées et relevées ensuite autour du point où est actuellement la solfatare. Dans ce mouvement la continuité des couches a été interrompue, et une grande déchirure laisse voir le trachyte à un niveau peu élevé du côté de la ville vénitienne.

Le sommet de la montagne présente une petite enceinte circulaire bordée de trachytes altérés et de ponces, sans ordre apparent. Ces roches sont imprégnées de soufre et de vapeurs sulfureuses. Le sol de cette solfatare est un sable mélangé de soufre, d'alun et de terre cimolée. A quelques décimètres de profondeur, dans cette terre sulfureuse, la chaleur est intolérable, et le terrain laisse dégager par l'agitation d'épaisses vapeurs d'acide sulfurique et des vapeurs d'eau. Au bord de cette solfatare, le trachyte s'élève en forme conique et constitue la partie culminante du mont. A la base est un trachyte léger, avec cristaux d'amphibole; Solfatare.

le sommet supporte un mince dépôt de fragments de micaschiste et de quartz. C'est un lambeau du terrain détritique porté à ce niveau élevé lors du soulèvement du Kalamo.

La *fig.* 5, *Pl. II*, donne une idée de la forme caractéristique de la montagne. C'est une vue prise d'un point voisin de la ville ancienne de Milo.

Extrémité N.-O. de l'île.

En passant à l'étude de l'extrémité N.-O. de l'île, on voit le groupe des montagnes de trachyte limité à l'est par les terrains tertiaires qui s'élèvent à une soixantaine de mètres au-dessus de la mer, au nord du débarcadère. Si l'on traverse l'île dans cette direction, on marche constamment sur les couches de tuf ponceux, en laissant à droite les trachytes et les roches modifiées, leur cortége accoutumé. On rencontre à un kilomètre environ du port un petit cône de trachyte avec du gypse impur et des roches alunifères autour desquels le tuf se relève circulairement. A quelque distance de la mer, sur le rivage septentrional, le terrain tertiaire a une grande puissance, et de profonds ravins y sont creusés. Il y a dans cette région un beau gîte de fossiles d'où proviennent ceux que nous avons cités plus haut.

Les détails dans lesquels nous sommes entré sur la constitution générale du terrain, nous permettent d'abréger cette description locale. Le tuf se présente en ses nombreuses variétés, là encore il est couronné par le calcaire et les roches siliceuses de couleur jaunâtre. Les couches en sont à peu près horizontales. Toute la côte jusqu'en face de l'Argentière est ainsi formée. Les strates se relèvent légèrement vers l'un des promontoires, situé vis-à-vis de l'Argentière et qui présente un trachyte divisé en masses prismatiques.

Si l'on suit, à partir de ce point, une direction N.-O., en s'élevant lentement au-dessus du rivage, on atteint des trachytes brisés, contre lesquels s'appuient à un niveau inférieur et jusqu'au bord de la mer, des ponces et d'autres roches volcaniques, imprégnées d'une petite quantité de soufre. Au milieu de ces roches est un gisement assez considérable de cimolithe. On l'exploite comme *terre à foulon*. On l'emploie, en guise de savon, pour nettoyer le linge et aussi pour blanchir les murs. Entre les gîtes de fossiles et Milo.

Les buttes trachytiques se suivent jusqu'à Milo (Palæo-Kastro), et toutes les montagnes qui bordent la mer sont de cette nature. Dans toute cette région, le terrain tertiaire qui se montre en lambeaux isolés n'a qu'une faible inclinaison. Trachyte de Milo.

Le massif culminant de cette puissante formation a une forme conique. A ses pieds repose la ville actuelle de Milo.

Dans les environs de cette ville, les vallées ouvertes au-dessous du trachyte présentent en certains points des ponces et des masses bigarrées de tuf, recouvertes de lambeaux du terrain tertiaire dans une situation inclinée. Il est à remarquer que les couches régulières qui bordent le trachyte, sans reposer sur lui, se relèvent généralement vers le massif de cette roche éruptive, tandis que les portions isolées du même terrain, situées à des niveaux plus élevés sur le trachyte lui-même, sont dans une situation presque horizontale. Ce fait s'explique bien par la supposition que le trachyte, en perçant la croûte des terrains tertiaires, a soulevé verticalement certaines parties du terrain neptunien, détachées de la formation principale, Terrain tertiaire des environs.

et qu'il a relevé autour de lui celles qui ne l'ont pas suivi dans ce mouvement d'ascension.

Auprès de la ville, il règne un grand désordre parmi les roches éruptives, qui sont enveloppées de ponces et de conglomérats trachytiques. Si l'on descend vers le port, en passant auprès de l'amphithéâtre et de l'endroit où fut découverte la statue de Vénus (1), le trachyte forme des plateaux étendus recouverts d'une quantité considérable d'obsidienne en fragments.

Cette obsidienne pénètre, comme nous l'avons dit, dans les couches stratifiées qui s'inclinent vers l'est.

Cône de Kastron.

Le cône trachytique de Kastron domine tous les autres (*Pl. II, fig.* 6), et les obsidiennes s'étendent au pied de ce dôme du côté du sud. On suit le trachyte jusqu'à la base des falaises, et le terrain tertiaire commence auprès du débarcadère en couches presque de niveau.

Le trachyte que l'on observe dans le voisinage des obsidiennes offre un aspect particulier. Il se divise assez régulièrement en grandes lames verticales, à cassure fibreuse, luisante. On serait tenté de considérer ces roches comme le résultat de la modification d'un terrain ancien stratifié, plus ou moins schisteux, si elles n'étaient pénétrées des mêmes cristaux que le trachyte, et si certaines lames rubanées ne passaient insensiblement d'une part au trachyte noir compacte, et de l'autre à un enduit d'obsidienne.

Granites.

Les premiers granites que l'on rencontre à Milo sont au fond de la rade, presque en face de

(1) La Vénus a été découverte en 1820 par M. Brest, encore aujourd'hui consul à Milo.

l'ouverture vers la pleine mer. Ils sont voisins d'un trachyte porphyroïde et de masses de tufs plus ou moins alunifères et modifiés par les agents souterrains. En s'élevant vers la chaîne des montagnes méridionales, par le chemin du monastère de Saint-Élie, on entre dans la formation granitique; des calcaires jaunâtres, tertiaires, reposent, en bancs horizontaux, sur les granites, à des niveaux élevés. Ces granites constituent les promontoires qui s'avancent sur la limite méridionale de la rade, ainsi que le massif principal des montagnes au pied du Saint-Élie. Des calcaires blancs saccharoïdes et des calcaires gris sont associés au granite. Toutefois, avant d'arriver au monastère, à la base des roches anciennes, le terrain tertiaire occupe de grandes étendues du côté de la mer.

Terrain tertiaire au pied du Saint-Élie.

Son épaisseur est considérable. Des calcaires on passe aux couches de tuf ponceux et aux masses celluleuses, grenues, à débris de trachyte, reconnaissables par leurs nuances bigarrées, qui conduisent elles-mêmes à des ponces et à des trachytes décomposés. Les calcaires tertiaires, avec *murex truncatus*, occupent toujours la même position au-dessus du tuf et ne se montrent qu'à des niveaux élevés, où ils forment de vastes plateaux.

Amas de gypse.

A quelque distance du monastère, contre les roches anciennes, on voit, dans une échancrure de ces calcaires, des masses de tuf stratifié, passant à des roches grenues tachées de rouge, et à des roches opalines à silice gélatineuse, qui se continuent dans un profond vallon parallèle au rivage. Un amas considérable de gypse se trouve dans une des cavités de cette gorge, à un niveau élevé. Ce gypse est fibreux, blanc ou bleuâtre, quelquefois rouge, au milieu d'une terre siliceuse

face de l'île; elle est indiquée par la dislocation des couches. On aperçoit les traces d'un grand nombre de cratères de soulèvement; mais il est probable que l'éruption a eu lieu en plus grandes masses à la fois que dans les champs Phlégréens, et en des points plus rapprochés. Il en est résulté dans les lignes de soulèvement des croisements nombreux qui jettent une grande confusion sur l'ensemble du terrain. Il faut remarquer aussi que non-seulement les couches tertiaires sont relevées vers les trachytes, mais que ceux-ci ont porté à de grandes hauteurs des portions détachées du terrain neptunien, sans changer leur inclinaison.

Le trachyte apparaît sur le contour extérieur de l'île, qui présente de nombreux vestiges de l'action de cette roche sur le tuf ponceux et de l'altération de ce dernier par les agents volcaniques. Dans l'intérieur de la rade, au contraire, on ne trouve généralement que l'affleurement du terrain tertiaire. Tout le polygone extérieur a donc été plus fortement relevé que la partie centrale et cette circonstance rend compte d'une manière satisfaisante de la forme particulière de l'île. Les groupes principaux de trachyte sont sur une ligne sensiblement parallèle à la direction du système de soulèvement le plus récent, du N. 20° O. au S. 20° E. C'est aussi la direction moyenne de l'échancrure qui forme la rade. Le soulèvement des trachytes de Milo pourrait donc être contemporain de ceux qui ont façonné les terrains volcaniques du littoral S.-O. de l'Italie.

Nous terminerons cette description de l'île de Milo, en jetant un coup d'œil sur les principales substances minérales qu'elle recèle. *Substances minérales de l'Ile de Milo.*

Ces substances sont l'alun, le soufre, le sel ma-

rin, les pierres meulières, le gypse, la terre cimolée.

L'alun. L'alun y est abondamment répandu, soit dans les alunites qui en contiennent les éléments, soit dans la pierre d'alun où il est tout formé. Cette matière pourrait être exploitée et le climat de l'île permettrait d'en opérer la cristallisation à l'air dans des bâtiments de graduation analogues à ceux qui sont usités dans quelques salines. On suppléerait ainsi au manque de combustible. Si la culture du coton et des matières tinctoriales prenait du développement dans quelques parties de la Grèce continentale, l'alun serait utilement employé; mais il n'est pas probable qu'il puisse jamais être l'objet d'un commerce d'exportation de quelque importance.

Le soufre. Le soufre est répandu sur toute l'étendue de l'île; malheureusement les gisements semblent peu considérables, et il ne paraît pas en exister de masses assez pures de dimensions notables.

A la rigueur, on parviendrait à en extraire une certaine quantité de la solfatare du Kalamo; mais l'exploitation en serait difficile et ne pourrait être conduite qu'à une très-faible profondeur, à cause du dégagement énorme de chaleur et d'acide sulfurique. D'ailleurs, le combustible manque et le soufre ne pouvant être obtenu que par distillation, cette cause serait un obstacle insurmontable à sa production.

Le sel marin. La source salée de Proto-Thalassa est exploitée et donne de bons produits. Ces salines pourraient être développées à l'aide de dispositions simples, si le besoin s'en faisait sentir.

Pierre meulière. La meulière de Milo est en grande réputation; elle est l'objet d'un commerce important. On dis-

tingue dans les carrières cinq espèces de produits :

1. La pierre *à main*, de la première qualité, d'une seule pièce de 1 mètre à $1^m,20$ de diamètre. Elle se vend dans le pays 8 drachmes ($7^f,20$).

2. La pierre de deuxième qualité, dite pierre carrée, pesant 80 à 90 kilogrammes. On les assemble au nombre de 8 pour une meule de dimensions ordinaires. Chaque pierre taillée se vend 5 drachmes, et la meule entière 40 drachmes (36 francs), non compris les frais d'ajustage.

3. La troisième qualité se nomme *pierre polie* ou *pierre de Constantinople*. On l'expédie au loin; elle est vendue $2^d,50$ (2 fr. 25).

4. La quatrième espèce, dite *mastores*, se vend 1 drachme dans l'île, $1^d,50$ au dehors.

5. Enfin la cinquième espèce, la plus petite, dite *mansoura*, se vend surtout sur la côte de Naples.

Le gypse pourrait être aussi à Milo l'objet d'une exploitation de quelque importance; mais il y revient aujourd'hui à $5^d,25$ le quintal de 44 ocques, ou à 9 francs les 100 kilog., tandis que le gypse consommé dans la plus grande partie de la Grèce et qui provient d'une île de l'empire ottoman ne coûte que 4 francs. Pour encourager l'exploitation de cette substance il faudrait la régulariser, ce qui en diminuerait le prix, et protéger la production indigène par un droit imposé à l'entrée du gypse étranger. Le gypse.

La terre cimolée est employée comme matière à dégraisser. On prétend aussi qu'on s'en servait en peinture. Cet emploi devrait être essayé de nouveau; il y a des variétés du plus beau blanc, et si cette terre *couvrait* la toile, elle présenterait, à cause de son inaltérabilité, un grand avantage La cimolithe.

OBSERVATIONS

Sur la géologie d'une partie de la Grèce continentale et de l'île d'Eubée;

Par M. SAUVAGE, Ingénieur des mines.

Nous avons recueilli sur la constitution géologique de la Grèce continentale et de l'île d'Eubée un certain nombre de faits qu'il nous paraît utile d'énumérer. Notre prétention n'est pas d'entreprendre une description complète de cette partie de la Grèce; le temps nous a manqué pour tenter une étude aussi difficile, et l'on ne doit considérer ce qui suivra que comme des indications sommaires qui pourront plus tard être mises à profit.

Direction des chaînes de montagnes.

En jetant les yeux sur la carte que nous donnons à l'appui de cette description (*Pl. III, fig.* 1), on reconnaît dans les chaînes de montagnes de l'Attique, de la Béotie et de l'île d'Eubée plusieurs directions nettement déterminées.

Système achaïque.

Le massif qui forme l'Attique et la Béotie au nord et à l'est de l'isthme de Corinthe, entre le golfe de Lépante et le canal d'Atalante, est allongé suivant une direction très-voisine de l'O.-N.-O. Le rivage qui borde au nord le golfe de Lépante, est sensiblement parallèle à cette ligne, et il en est de même des directions principales qu'on peut suivre au bord de la Méditerranée du côté de l'Eubée, de Zitoun à la baie d'Atalante, et au sud du détroit, de Chalcis à l'île de Stoura, le long du canal de Négrepont. Cette même direction se retrouve dans la grande dépression qui divise le

massif en deux parties, et qui, laissant au sud les montagnes du Parnasse, aboutit au lac Copaïs, et finit brusquement contre la paroi rocheuse qui limite cette grande plaine à l'est. Cette direction est celle du système achaïque que les géologues de l'expédition de Morée ont signalé dans cette presqu'île; elle est contemporaine du système pyrénéen de M. Élie de Beaumont.

Système Pindique. La pointe méridionale de l'Attique qui se termine au cap Sunium, n'appartient pas au même système de relèvement. Sa direction moyenne se rapproche du N.-N.-O. C'est celle du soulèvement Pindique, correspondant au soulèvement du mont Viso, entre les deux périodes des terrains crétacés. Cette partie de l'Attique serait de la même époque que les montagnes qui forment le relief le plus saillant de l'extrémité méridionale de la Morée et les rivages de l'Argolide. L'apparition de ce massif aurait précédé celle de la partie centrale de l'Attique et de la Béotie.

Système de l'Érymanthe. Une troisième direction, dont les traits se retrouvent dans plusieurs chaînes, est voisine de l'O.-S.-O., se rapprochant quelquefois de la ligne E.-O. C'est la direction de la grande vallée de la Béotie qui, partant des environs de Dombréna, passe par Thèbes, aboutit au canal de Négrepont, au-dessous de Chalcis, et se prolonge de l'autre côté du canal jusqu'en Eubée, au N.-E. de l'antique Érétrie. Cet alignement paraîtrait se rapprocher du système de l'Érymanthe (Expédition de Morée), que M. Boblaye a placé entre le terrain tertiaire moyen et le terrain subapennin. Nous sommes porté à le considérer plutôt comme un contrecoup du soulèvement des Alpes principales et des

Andes, d'une date relativement plus récente et postérieure aux formations subapennines.

Autres directions.

En poursuivant cette étude, on pourrait indiquer d'autres directions dans le relief de l'Attique; mais ces observations ne portant plus que sur des chaînes d'une faible longueur, seraient loin d'avoir le degré de certitude que présentent celles qui viennent d'être indiquées. Toutefois nous ferons remarquer que l'arête principale des monts Pentéliques est dirigée O.-N.-O., comme les massifs principaux des calcaires qui séparent la plaine de l'Attique de la vallée de la Béotie; que le mont Hymète, les chaînes qui en forment le prolongement au sud, ainsi que les monts désignés sous le nom de Tourko-Voumi, au N.-E. d'Athènes, sont dirigés vers le N.-N.-E., et que cette direction est aussi celle des grands ravins qui descendent des montagnes du Nord vers le Pirée, à travers les terrains tertiaires de la plaine. On verra bientôt, par l'étude des formations, que ces directions se lient de la manière la plus heureuse à la composition géologique.

Directions dans l'île d'Eubée.

La constitution de l'île d'Eubée n'est pas aussi simple qu'on serait tenté de le supposer au premier abord. La direction générale est du N.-E. au S.-O., et par ce motif on a admis (Expédition de Morée, p. 42) qu'elle était un prolongement méridional de la chaîne olympique. Mais il est probable que le système du mont Olympe et des chaînes parallèles, qui a précédé les terrains jurassiques (système du Thuringerwald), n'a dessiné qu'une faible partie du relief de l'île de Négrepont. Un examen attentif de la configuration de l'île conduit à admettre deux directions principales : l'une qui domine au N.-O. serait parallele

vant conduire à une description complète de l'ensemble des terrains, nous les présenterons ici sous forme d'itinéraire.

En sortant d'Athènes par la route d'Eleusis, on suit, jusqu'auprès de Daphnis, une grande plaine où se montrent, à fleur du sol, des bancs horizontaux d'une brèche formée de débris de calcaires noirs, cristallins. Près de Daphnis, à l'endroit où le terrain s'élève en pente douce, affleurent en couches inclinées des calcaires cristallins, noirâtres, schisteux, associés à des schistes grossiers de couleur rouge, imprégnés de carbonate de chaux. Un calcaire gris compacte est en stratification concordante avec les calcaires fissiles et les schistes. Ce calcaire gris abonde à Eleusis; à ses pieds, dans la plaine, sont des cailloux roulés, cimentés par une pâte fine, avec des brèches et des conglomérats dans une situation presque horizontale. **D'Athènes à Thèbes.**

Aux approches de Mandra se montrent plusieurs variétés de calcaire jaunâtre et de calcaire blanc, très-cassant et fissuré. Les conglomérats apparaissent çà et là dans les dépressions ou vallées des calcaires. A Koundoura, on distingue une espèce de calcaire-marbre, grenu, blanc, avec des variétes grises plus ou moins cristallines. D'autres sont compactes, à cassure luisante ou esquilleuse. Entre Villari et Koundoura la direction des couches oscille entre l'O.-S.-O. et l'O.-N.-O. **Mandra.** **Koundoura.**

Les mêmes observations se répètent jusqu'au khan de Pournari et jusqu'à celui de Kaza, au pied du Cythéron. La variété blanche, grenue ou saccharoïde domine parmi les autres. La direction la plus générale est O.-N.-O.

Aux environs de Kaza, les couches sont verti- **Kaza.**

cales; elles présentent de nombreuses crêtes alignées E.-O. Il y a, dans ces mêmes couches, plusieurs plis ou contournements qui reproduisent la même série à diverses reprises. Auprès du Khan, on observe des argiles vertes, happant à la langue, qui forment un niveau d'eau; puis des glaises de couleur grise et des grès blancs friables, des psammites, des grès micacés bruns et rouges avec des argiles durcies. En s'élevant dans la montagne, on passe des psammites à des calcaires noirs veinés de spath blanc, qui ont été exploités comme pierre de taille pour les ponts de la route du Cythéron. Ils alternent avec des calcaires schisteux et des schistes rouges. C'est la série des environs de Daphnis. L'ensemble des strates est dirigé E.-O.

Le Cythéron. Plus loin et jusqu'au sommet du col, la roche est cristalline, d'un blanc grisâtre ou d'un bleu pâle, très-cassante. Des deux côtés de la route, la chaîne du Cythéron présente, sur une longueur de plusieurs kilomètres, des arêtes parallèles à la direction moyenne de la vallée de Thèbes, de l'O. quelques degrés S. à l'O. quelques degrés N. La stratification générale est, comme il résulte de ce qui précède, en rapport avec ces alignements; deux directions seulement y dominent qui auraient pour moyenne la ligne E.-O. Cette disposition pourrait résulter de l'action d'un soulèvement O.-N.-O. sur des couches déjà inclinées et redressées O.-S.-O.

Du Cythéron à Thèbes. Du Cythéron vers la plaine de Thèbes, c'est d'abord la même série calcaire, très disloquée, plissée sous des angles variables où l'inclinaison vers le N.-E. domine. Les bancs n'ont que $0^m,10$ à $0^m,25$ d'épaisseur; ce sont des calcaires noirâtres, veinés de spath blanc, comme à Kaza.

Du sommet du col que traverse la route, une vue magnifique se découvre à l'observateur. Dans le fond du tableau, à gauche, on aperçoit les sommets du Parnasse et de l'Hélicon; en face et au delà de la plaine de Thèbes est le lac Copaïs avec ses immenses roseaux d'un vert foncé, qui de loin ont l'apparence d'une belle prairie; à droite, les lacs Likhéri et Paralimni forment deux étages au-dessous du Copaïs, et enfin, au pied du Cythéron s'étend la plaine de Thèbes, au milieu de laquelle on distingue un bourrelet de terrain tertiaire accidenté, mais dont la direction moyenne est de Thèbes au canal de Négrepout, parallèlement au Cythéron. Au mont Elatée, le Cythéron s'élève à 1.411 mètres, tandis que le niveau moyen de la plaine de Thèbes n'est guères qu'à 90 mètres au-dessus de la mer. Les collines de formation récente qui la séparent des chaînes principales n'atteignent pas plus de 100 mètres d'élévation.

De la base du Cythéron aux collines de Thèbes, on marche sur un sol marneux, gris et rougeâtre, contenant des couches horizontales de calcaire tendre concrétionné; puis des cailloux épars de diorites, de roches serpentineuses, des silex jaunes pyromaques et du fer oxydé. Les montagnes des environs de Thèbes sont composées de couches tantôt de niveau, tantôt légèrement penchées vers le N.-N.-O. et vers le N. Ce sont des conglomérats, des poudingues et des brèches avec des calcaires jaunâtres, terreux et friables et des marnes blanches.

Terrain de Thèbes.

Des sources abondantes sortent de ce terrain perméable et donnent à la végétation des environs de Thèbes une vigueur qu'on trouve rare-

ment dans l'Attique. Cette formation constitue, entre le Cythéron et la ville, une plaine supérieure à celle de Thèbes proprement dite, qui s'étend de la ville à Topolias. C'est à la base de ces terrains que se trouve un gisement de magnésite (écume de mer). Cette substance est en boules et en masses irrégulières, au milieu d'un conglomérat de silex pyromaque, de fragments et de galets de diorite et de serpentine. Elle provient probablement de la décomposition de cette dernière roche. Ce gîte de magnésite est assez abondant, au N.-E. de Thèbes, à la sortie de la ville; il a été l'objet d'anciennes exploitations où l'on pénètre par galeries inclinées. Il paraît toutefois que la qualité en est médiocre.

Magnésite.

Plaine de Thèbes.

La plaine de Thèbes incline sensiblement vers le lac Copaïs, dont elle est séparée par un col peu élevé. Le sol est formé d'un limon brun argileux, d'une grande fertilité, mais qui malheureusement retient les eaux qui n'ont plus qu'un écoulement trop lent. Cette plaine paraît être le fond d'un lac relevé par des dépôts successifs, jusqu'au moment où l'écoulement a pu se faire dans le lac Likhéri. Peut-être même, avant que le sol ait atteint son niveau actuel, le seul débouché qui était offert aux eaux du lac, était-il ces gouffres naturels, ces *katavothra*, dont nous parlerons plus bas avec quelque détail. L'un d'eux se voit auprès du col de Moulki, au N. de la route de Livadie, et, avant d'y pénétrer, les eaux de la plaine traversent un marais d'une faible étendue.

Route de Livadie.

Quand on suit la route de Thèbes à Livadie, on laisse sur la droite une ligne de collines à formes arrondies qui s'appuient contre une chaîne plus élevée, à pentes roides, composées d'un calcaire

gris impropre à la végétation. Les mamelons subordonnés de l'étage tertiaire, comme le terrain de Thèbes, ont au contraire l'aspect d'un sol fertile et l'établissement d'un grand nombre de villages sur cette lisière, ainsi que les petits ravins qui descendent vers la plaine, semblent indiquer la présence de filets d'eau, si rares au milieu des montagnes calcaires.

Si maintenant, à la sortie de Thèbes, nous prenons la route de Chalcis, nous retrouvons d'abord dans la plaine les cailloux roulés de calcaire et de diorite; puis au premier mouvement de terrain, l'étage tertiaire bien développé, consistant en de puissants bancs de poudingues, en calcaire jaune friable et, en calcaire plus dur mamelonné. Cette série compose des montagnes assez élevées qui bordent de chaque côté les massifs de roches secondaires. Plus loin on rencontre des marnes grises et blanches, avec concrétions calcareuses, et des calcaires blancs, tantôt durs et grenus, tantôt friables et se réduisant sous les doigts en une poussière blanche. Ces marnes ont une grande épaisseur, et leur caractère est d'être traversées par de profonds ravins. elles contiennent quelques bancs de calcaire. Souvent elles présentent d'énormes éboulements. Cette description s'applique à tout le terrain jusqu'à la vallée d'Oropos, près de l'ancienne Tanagre. Les couches de poudingues et de calcaire plongent généralement vers le N. un peu O. Nous n'y avons vu aucune trace de fossiles. Route de Chalcis.

Auprès de Tanagre, la formation calcaire est plus développée. Ce sont des bancs jaunâtres, sableux, de $0^m,20$ à $0^m,30$ d'épaisseur, alternant avec des marnes et des couches sableuses, très-friables. Ce calcaire a été employé comme pierre Tanagre.

de taille dans la construction du pont à trois arches ogivales, près de Tanagre. Entre cette ville antique et Koko-Sialési, des argiles marneuses, grises et rougeâtres, succèdent aux assises précédentes. Des cailloux roulés forment, sur une certaine épaisseur, le fond des vallées. Le mélange de ces cailloux, de ces calcaires et de ces marnes donne à la vallée un sol excellent, qui malheureusement n'est point pourvu d'une quantité d'eau suffisante.

Les collines ont la forme arrondie propre aux terrains tertiaires; des calcaires cristallins, appartenant à des formations plus anciennes, percent çà et là les cailloux et les marnes. Ces îlots atteignent souvent un niveau élevé; leurs formes abruptes contrastent avec celles du terrain de marne.

Plaine de Tanagre.

Cette belle plaine de Tanagre, riche et fertile pendant les années humides, est privée d'eau quand la sécheresse a été prolongée. La formation tertiaire ayant dans cette vallée une notable épaisseur, il ne serait pas impossible que des sondages amenassent la rencontre d'eaux jaillissantes. Il n'est point douteux que les eaux des montagnes calcaires, qui forment le relief le plus saillant de la contrée, se perdent par les fissures de la roche et se réunissent en cours d'eau souterrains. On pourrait donc essayer des forages artésiens avec quelque chance de succès.

Entre Misso-Vouni et Chalcis.

Si nous reprenons, à la hauteur du Misso-Vouni, la route de Chalcis, que nous avons abandonnée pour décrire les environs de Tanagre, nous trouvons contre les calcaires cristallins de cette montagne des roches plus récentes en couches légèrement inclinées. Ces roches sont des calcaires-brèches, avec fragments volumineux de marbre cristallin,

des calcaires compactes, gris, homogènes sur de grandes étendues, des poudingues ou conglomérats à grains arrondis de diorite et de calcaire, contenant aussi des noyaux ferrugineux dans une pâte calcaire, plus ou moins sableuse, jaunâtre ou blanche. On suit ce terrain jusqu'au sommet du col de la route de Chalcis. Souvent, la pâte qui enveloppe les cailloux est friable, marneuse, de couleur brune, elle donne par décomposition un limon rougeâtre très-fréquent dans les parties élevées des montagnes, avant de descendre à Chalcis. On trouve dans ces diverses assises une grande variété de roches, entre autres de beaux échantillons d'une brèche à pâte rouge et à fragments anguleux de calcaire blanc cristallin. Auprès du col, les poudingues et les brèches augmentent d'épaisseur, au contact des montagnes qui en ont fourni les éléments. De l'autre côté, dans la direction de Chalcis, il y a, à partir du col, des calcaires bruns traversés de veines spathiques, des calcaires gris rosé plus ou moins compactes; puis, dans la série tertiaire, des calcaires grenus, jaunâtres, décrits à Thèbes et à Tanagre, avec marnes à nodules. Au bord de la mer, à quelques mètres au-dessus du pont, du côté du nord, les escarpements du rivage sont composés des calcaires bruns, à filets blancs, comme ceux du col, et dont l'inclinaison est toujours vers le N.-O. On y a trouvé une huître d'une espèce plissée qui paraît appartenir à un terrain secondaire, jurassique ou crétacé. En face de Chalcis.

Entre Chalcis et Vathy, les assises tertiaires ne forment qu'une bande très-étroite au bord de la mer, en s'appuyant sur les calcaires secondaires. Au delà de Vathy, on rentre dans la grande dépression qui remonte jusqu'à Thèbes. Le terrain Vathy.

tertiaire se suit jusqu'à Oropos, avec les mêmes caractères. Il consiste en conglomérats au milieu d'un ciment de dureté variable. Tantôt cette pâte n'est qu'une marne légère, de couleur grise; tantôt elle est rouge et sans consistance. Dans ce dernier cas, la roche peut se confondre avec un terrain beaucoup plus récent, la brèche osseuse décrite par M. Boblaye. Près de Marko-Poulo, les strates plongent soit vers l'E., soit vers le S.-E. Ils consistent, jusqu'au village, en calcaires compactes qui alternent avec des conglomérats.

Marko-Poulo.

Gîte de lignite.

Nous avons fait une étude toute particulière du gîte de lignite de Marko-Poulo. Il existe en tête d'un ravin, à 1.500 mètres S.-O. des dernières maisons, près de la chapelle de Hagia-Pigi. C'est un banc de 3 à 4 mètres d'épaisseur au-dessus d'une série de calcaires plus ou moins marneux, dont la pente, très-faible d'ailleurs, est tantôt vers le S.-E., tantôt vers le S.-O.

Entre Marko-Poulo et le lignite, le sol est composé de couches nombreuses de calcaire marneux, de marnes, de calcaire blanc compacte à surface mamelonnée et de conglomérats plongeant vers le S.-O. Ces roches sont semblables à celles que supporte le lignite, quoiqu'il semble y avoir discordance de stratification. Le lignite, qui a été, dans ces derniers temps, l'objet d'une exploitation irrégulière, est très-pyriteux et de médiocre qualité; il est traversé par de petits lits de grès et d'argile schisteuse. Le toit de la couche est d'une glaise violacée et grise sans aucune trace de coquilles. Au-dessus du lignite, cette glaise occupe une assez grande étendue et constitue le sol d'un petit plateau. Des puits peu profonds forés dans la glaise ont atteint le charbon.

Ce bassin est peu étendu; il ne parait exister qu'en tête du ravin; ailleurs on ne découvre que la succession des calcaires marneux. Vers le S. et le S.-O., le lignite s'appuie contre des grauwackes et des calcaires cristallins, au-dessus desquels on voit encore, à un niveau bien supérieur à la mine, des brèches et des poudingues inclinés vers le sud. L'ensemble de ce terrain peut être représenté par la coupe *Pl. III*, *fig.* 2.

La réunion des caractères que présentent les montagnes de Thèbes, de Tanagre et d'Oropos, nous porte à les rapporter à la série des gompholites de la Morée, aux nagelflues et aux mollasses de la Suisse. Le lignite de Marko-Poulo dépendrait de la partie supérieure de cet étage tertiaire moyen, à moins que se fondant sur la discordance apparente de stratification, on ne veuille le considérer avec ses argiles comme l'équivalent de l'assise inférieure du terrain subapennin, qui offre, dans tout le Péloponnèse, des caractères constants. S'il en était ainsi, la formation subapennine se bornerait dans les environs d'Oropos à ce petit dépôt de lignite, car les calcaires marneux observés à un niveau supérieur se rattachent à la succession des poudingues et des marnes de Marko-Poulo. Ce terrain a été brisé, et ses diverses parties ont été portées à différents niveaux.

De Marko-Poulo à la plaine de Marathon.

En remontant à l'est pour regagner le chemin d'Athènes, on retrouve, comme nous l'avons dit, des calcaires marneux et des conglomérats; puis, bientôt après, les calcaires gris semi-cristallins semblables à ceux du Cythéron. Tous les cols élevés qui correspondent aux ondulations des roches secondaires sont recouverts du calcaire tertiaire, en gros bancs irréguliers, à surface noduleuse. Aux

approches de la vallée, l'aspect change; les formes sont plus arrondies, les vallons sont évasés, à pente douce, et riches d'une belle végétation. Les éléments de ce nouveau terrain sont les grauwackes et les schistes terreux. C'est ainsi que sont constituées les montagnes de Vilia, d'Armezi, de Mazi, etc., jusqu'à la vallée qui descend à Marathon. Çà et là, de grandes lames calcaires grenues, noirâtres, subcristallines, interrompent la formation schisteuse; mais toujours on remarque une parfaite concordance de stratification; le calcaire, comme les grauwackes et les schistes, se dirige vers le N.-E. On découvre dans cet alignement de grandes arêtes et des pics aigus.

Au delà du ravin de Marathon, on pénètre au milieu de collines ondulées, formées exclusivement de conglomérats, de poudingues à ciment calcaire et de calcaires grenus, jaunâtres, identiques à ceux qui couvrent tous les cols à des niveaux variables. Ces bancs sont sensiblement horizontaux jusqu'à l'origine des ravins qui y sont creusés, et ensuite dans la plaine de Kephissia jusqu'à la mer.

Entre Kako-Sialési et Tatoi.

Pour compléter cette étude, nous avons fait une coupe de la chaîne entre Kako-Sialési et Tatoi, dans une direction à peu près parallèle à la précédente; mais plus à l'ouest.

Entre le khan de Kako-Sialési et Hagios-Merkouri, la formation tertiaire dont les caractères ont été décrits plonge d'abord vers l'E. et le N.-E., puis il y a des ondulations et des plis nettement prononcés qui reproduisent dans des situations différentes les mêmes assises. Celles-ci inclinent alors vers le S.-E. pour reprendre bientôt leur première déclivité. Près de Merkouri, apparaissent

les calcaires gris compactes, plus ou moins cristallins, avec spath blanc, sans indice de stratification, en masses bouleversées, au milieu desquelles se voient des gorges profondes, à parois abruptes. A l'O. de Merkouri, ces masses rocheuses atteignent un niveau élevé, et forment, jusqu'auprès de Tatoi, comme une grande falaise dirigée vers le S.-S.-O. Au couchant, ces montagnes s'élèvent brusquement; à l'orient, au contraire, les ondulations sont plus molles, le sol plus abaissé.

Avant d'arriver à la fontaine de Merkouri, on remarque des roches grenues, verdâtres, siliceuses, passant à la grauwacke, puis des masses irrégulières d'un calcaire blanc, sublamellaire ou saccharoïde. A la chapelle de Merkouri, ce calcaire dégénère en une roche de même nature, mais plus grise et moins cristalline; elle s'associe en même temps à des marbres rouges qui rappellent certaines variétés des calcaires de transition de la Belgique, et à des calcaires noirs semblables aux marbres de même couleur du terrain de l'Ardenne. Au milieu de ces calcaires stratifiés et plongeant ordinairement vers l'est, il y a, pêle-mêle, de gros blocs d'un véritable marbre blanc. A quelques pas de la station, on découvre bientôt, au milieu des calcaires, un schiste grossier, espèce de psammite, d'un gris foncé. Merkouri.

Entre Merkouri et Tatoi se présentent successivement des grauwackes plus ou moins fissiles, un peu micacées, verdâtres; des quartzites rouges et verts, et çà et là des fragments isolés d'un quartz noir d'une grande dureté; enfin des calcaires compactes, rosés, passant au marbre, alternant avec d'autres de couleur sombre, pénétrés de filets blancs. Dans le ravin avant Tatoi, les grauwackes sont

développées, ainsi que les schistes calcareux, rouges et verts. A cette série succèdent des calcaires à stratification plus distincte, penchant vers l'O., quelques degrés S.

Les assises tertiaires se montrent dans le même intervalle; ainsi, au S. de Merkouri, on voit à un niveau élevé, les conglomérats et les cailloux reliés par un ciment solide et inclinés vers l'E. Jusqu'à Tatoi, c'est une succession de bancs minces de calcaires rosés, plus ou moins compactes, avec des graines de chara et de marnes sableuses reposant sur des schistes rouges et bruns. L'ensemble plonge à très-peu de chose près vers l'E. et se prolonge avec une grande épaisseur pour former les collines de la plaine de Marathon.

Tatoi. A Tatoi même, les sources sortent des marnes tertiaires et ce groupe formé de poudingues, de marnes grises, de calcaires compactes et de grès sableux, plonge tantôt vers le S.-S.-E., tantôt vers l'O.

On descend de Tatoi à la plaine du Céphise en suivant plusieurs ondulations du terrain exclusivement composé des couches qui viennent d'être décrites. Seulement, en arrivant à la plaine, elles ont repris une position sensiblement horizontale. De grands ravins à parois très-inclinées sont creusés au milieu de ces assises jusqu'à une profondeur de plus de 60 mètres.

Soulèvement N.-N.-E. On est en droit de conclure de l'ensemble de ces faits qu'un soulèvement N.-N.-E. a dessiné le relief de Merkouri à Tatoi, en relevant légèrement les couches horizontales de la plaine. Cette circonstance ne suffit pas encore pour classer définitivement ces terrains, et bien que leurs analogues aient été rapportés par MM. Boblaye et Virlet au terrain ter-

tiaire moyen, cependant ces géologues n'ont émis cette opinion qu'avec doute, et on pourrait encore hésiter à les supposer contemporains de l'étage parisien. Quoi qu'il en soit, ils sont antérieurs au troisième étage, puisqu'ils sont affectés par le système N.-N.-E. auquel les Alpes occidentales doivent leur relief, entre la deuxième et la troisième période tertiaire. Cette direction si prononcée aux environs de Merkouri se retrouve dans les montagnes des environs d'Athènes, dans le groupe du mont Hymète aux monts Icarus et Œgaïcus.

Environs d'Athènes.

Près d'Angelo-Kipos, au pied du Lycabète (Tourko-Vouni), il n'y a plus que quelques lames calcaires reposant sur la tranche de schistes et de grauwackes analogues à ceux de Tatoi; le même fait s'observe dans les ravins de Patissia.

Près d'Athènes, les schistes sont à grains fins, paillctés, bleus ou verdâtres et passent souvent à l'argile schisteuse. Ils sont associés à des psammites micacés, noirâtres, plissés. Cet ensemble est recouvert par des masses calcaires qui composent toutes les montagnes de cette partie de l'Attique. Ces calcaires sont généralement bleus ou gris, tantôt compactes et durs, imprégnés de spath calcaire blanc, passant quelquefois à des brèches ferrugineuses, comme au Lycabète, et tantôt blancs ou gris clair, saccharoïdes, à cassure esquilleuse, comme au mont Hymète.

Le Pentélique.

Le Pentélique a une toute autre origine que l'Hymète et que les montagnes d'Athènes. Il est évidemment plus ancien, car les couches de conglomérats et de calcaires tertiaires s'appuient horizontalement contre sa base, tandis qu'elles ont été sensiblement déplacées dans les environs du mont Hymète. La forme actuelle du Pentélique existait

schisteux en stratification concordante avec les précédents;

3° Les mêmes calcaires très-fissiles et plissés;

4° Enfin, jusqu'aux premières carrières, à la base du Pentélique, près d'un moulin ruiné, le schiste micacé à gros grains de quartz.

Ces premières carrières consistent en une masse de marbre blanc, surmontée d'un mélange de calcaire cristallin et de schiste vert luisant. Un lit mince, irrégulier, de cette roche verte sépare le marbre blanc du calcaire supérieur. 1res carrières.

En s'élevant par la pente rapide de la montagne, on suit toujours le calcaire-marbre avec ses zones verdâtres, au milieu desquelles on découvre une bande de schiste quartzeux micacé (1° de la coupe précédente).

Aux grandes carrières, il n'y a plus d'apparence de stratification; de grandes fentes traversent la masse dans tous les sens; un système de division verticale y domine. Le marbre présente de nombreuses zones de couleur rouge ou d'un beau vert jaunâtre, formées par une substance ferrugineuse ou par une sorte de micaschiste. En certaines parties, ces rubans colorés sont très-nombreux, très-rapprochés et légèrement ondulés; ils se dirigent vers le N.-O. C'est au-dessous de cette masse bigarrée que sont les immenses excavations d'où les anciens ont tiré ces beaux marbres que plusieurs siècles et tant de causes de destruction ont respectés. Grandes carrières.

Parmi les nombreuses directions que nous avons relevées aux environs des carrières de marbre, sur le revers septentrional du Pentélique et aux abords du massif, la direction du N.-E. au S.-O. domine. Nous venons de la trouver dans les schistes et les Directions dominantes.

calcaires grenus schisteux, entre le Pentélique et Kephissia; le marbre lui-même forme un prisme allongé dans cette direction. C'est évidemment un grand filon-couche compris entre les bancs parallèles du calcaire gris, subcristallin et compacte, que l'on retrouve soit au N.-O., soit au S.-E., soit enfin au N. des calcaires saccharoïdes.

Cette masse cristalline ne traverse pas la chaîne du Pentélique de part en part; elle n'apparaît pas sur le revers septentrional où l'on ne trouve que les variétés compactes, demi-cristallines d'Athènes et de Merkouri.

Sur le revers méridional, un système de ravins qui descendent vers la plaine de l'Attique suit la même direction. Enfin, si l'on descend du Pentélique, du côté du S.-E., on rencontre encore des schistes quartzeux micacés avec du quartz autour duquel ils sont contournés, et qui plongent vers le N.-O. Ces schistes sont en contact immédiat avec le marbre qui est schisteux et micacé à l'endroit du passage. Enfin, la masse saccharoïde est plus étroite au pied du Pentélique que vers le centre de la montagne; il est donc probable que les deux faces du dyke ne sont pas parallèles, mais comprennent un prisme aminci vers le S.-O.

Age des calcaires pentéliques.

MM. Boblaye et Virlet, dans leurs descriptions géologiques, ont fait allusion aux monts Pentéliques, et d'après les caractères minéralogiques ils ont été tentés de les rapporter à la partie supérieure de leur étage calcaréo-talqueux contemporain des calcaires blancs, verts et roses du Taygète, faisant ainsi remonter leur origine à la période de transition (silurienne ou devonienne). L'ensemble de nos observations nous conduit à les regarder comme plus récents et à les rattacher aux calcaires

secondaires des chaînes principales de l'Attique et de la Béotie. Les caractères minéralogiques ne sauraient être invoqués; le marbre lui-même n'étant qu'un accident au milieu des calcaires gris, compactes ou demi-cristallins. Or, ceux-ci se lient évidemment aux roches de Merkouri et du Cythéron, qui appartiennent aux terrains secondaires. Nous n'avons pas, il est vrai, rencontré de fossiles dans ces derniers, mais ils se rattachent de la manière la plus intime aux calcaires de Livadie, caractérisés par la présence d'*hippurites*. D'ailleurs les calcaires de Tatoi ne paraissent pas être entièrement dépourvus de fossiles, bien qu'il ne nous ait pas été donné d'y en découvrir. M. Domnando, professeur d'histoire naturelle à Athènes, a rencontré au pied du Parnès une bélemnite des terrains crétacés. Les calcaires de Merkouri, qu'on ne peut faire remonter au delà des terrains jurassiques, renferment eux-mêmes des masses cristallines qui passent aux marbres blancs. Nous n'avons, à la vérité, à l'appui de cette opinion sur l'âge du calcaire pentélique, aucune de ces preuves qui tranchent une question; mais la liaison incontestable de ce calcaire avec celui des chaînes voisines, cette remarque essentielle que le calcaire marmoréo-talqueux n'est qu'un accident dans la masse principale et ne peut être pris comme type du terrain n'ont-elles pas une grande valeur dans la solution du problème? D'un autre côté, il n'existe aucun argument en faveur de la plus grande ancienneté de ces roches. Il est probable, si l'on compare la direction des couches à celle de la crête, que ces calcaires ayant pris naissance soit pendant la période jurassique, soit à l'époque du terrain crétacé inférieur, ont été relevés par le soulèvement Pin-

dique (Mont-Viso) dans la direction S.-S.-E.; qu'au moment de ce cataclysme un dyke de calcaire fondu a été poussé entre les couches restées intactes, et que le massif agité de nouveau lors du soulèvement qui a suivi la seconde période crétacée, a pris enfin la position qu'il offre à nos yeux.

Extrémité méridionale de l'Attique.

D'après les géologues de l'expédition de Morée, la partie méridionale de l'Attique, vers le cap Coloune (Sunium), est composée de schistes argileux gris, satinés, luisants, présentant, à la partie inférieure vers le rivage, une texture fibreuse, plissée. Au-dessus sont des stéaschistes gris nacrés, à teintes jaunes, calcarifères, ferrugineux, comme au Taygète, avec des bancs très-siliceux. Plus au nord sont d'autres schistes argileux vert foncé. Ces roches se rattachent à celles d'Athènes et du Pentélique, et il est bien difficile de ne pas les supposer de l'âge de ces dernières. Elles pourraient n'être qu'une modification des grauwackes et des schistes grossiers semblables à ceux du Tatoi. C'est ainsi que nous avons suivi, au pied du Pentélique un schiste luisant ferrugineux, ayant une grande analogie avec un micaschiste, et qui passait par degrés à un grès micacé à gros grains de quartz, et plus loin à un schiste terreux jaunâtre à grains fins. Enfin une dernière observation tirée de considérations chimiques qu'il serait trop long d'énumérer ici vient se joindre aux indications précédentes. Un grand nombre de roches désignées sous le nom de schistes talqueux, de stéaschistes, etc., ne renferment aucune trace de matière talqueuse ou magnésienne. Elles sont composées de quartz, de débris feldspathiques et de silicates exclusivement alumineux et présentent identiquement la

même composition que des schistes argileux, que certaines grauwackes dont l'origine aqueuse est hors de doute; elles n'en diffèrent que par une texture, une cristallisation particulières. Ces schistes satinés et certains stéaschistes verdâtres du cap Colonne sont composés des mêmes éléments que le schiste argileux grossier de couleur verte du nord de Tatoi.

Les géologues eux-mêmes de l'expédition de Morée, en décrivant leur groupe calcaréo-talqueux, ont pressenti qu'il pourrait remonter dans la série des terrains, et nous devons dire ici que M. Virlet, dans une lettre qu'il nous écrivit lors de notre voyage, émettait des doutes sur l'ancienneté relative des calcaires pentéliques.

Terrain tertiaire du Pirée.

Nous terminerons cette description de l'Attique par quelques indications sur le terrain du Pirée. Entre la capitale et le port, le sol, à peu près de niveau, présente de nombreux affleurements de couches horizontales de conglomérats, de poudingues et de calcaire jaune qui appartiennent aux assises de l'étage moyen, relevées souvent à une grande hauteur au milieu des montagnes. Les collines, au S. et à l'E. du Pirée, sont plus récentes; elles dépendent du terrain subapennin; ce sont d'abord des marnes blanches et des calcaires marneux blancs et jaunâtres dont quelques-uns sont coquilliers. Ces bancs de marne et de calcaire ont de $0^m,15$ à $0^m,20$ d'épaisseur. Au-dessus est en couches plus puissantes un calcaire sableux avec des lits de lumachelle qui fournissent une belle pierre de taille. De grandes carrières y sont ouvertes. Cette formation subapennine ne s'élève qu'à une faible hauteur; les couches en sont horizontales. On y reconnaît cependant des failles et des

dérangements locaux qui attestent certains mouvements du sol à une époque relativement très-moderne. Les calcaires du Pirée sont très-coquilliers ; mais les fossiles y sont mal conservés et à peu près indéterminables. Ce sont le plus ordinairement des noyaux ou des empreintes. On y a trouvé cependant deux petites *venus*, un *cardium* voisin du *c. edule* et un *myrtilus*.

Environs de Livadie.

Si nous passons des plaines de l'Attique aux environs de Livadie, nous observerons quelques faits intéressants et de nature à fixer l'âge d'une partie au moins de nos calcaires. C'est auprès de Livadie que nous avons trouvé les seuls fossiles qu'il nous ait été donné de découvrir dans ces terrains. Nous lisons dans la relation de l'expédition de Morée (t. II, p. 38) :

« Le mont Lyakoura (Parnasse) est composé des mêmes calcaires (c. compactes, lithographiques, c. marneux rougeâtres, verts ou jaunes). On y trouve, à la base, des grès verts, puis des calcaires gris de fumée se divisant en petits éclats et contenant des silex et beaucoup de fossiles, principalement des encrines ; puis des calcaires gris compactes, verdâtres, feuilletés, remplis de petits filons spathiques blancs, du milieu desquels sort la fontaine de Castalie, située au pied du Lycorée; enfin, les sommets principaux de cette grande montagne sont composés de calcaires compactes, lithographiques, jaunâtres, à teintes rouges et violettes, et aux environs de Livadie, ces mêmes calcaires compactes et marneux renferment une grande quantité d'ammonites que les habitants désignent sous un nom qui équivaut à *cornes de bœuf*. »

Les fossiles que l'on désigne sous le nom de

cornes ne sont pas des *ammonites*, mais des *hippurites* qui forment des couches entières dans le ravin de Kapréna, au S.-E. de Chéronée.

La ville de Livadie, appuyée contre des montagnes calcaires, repose sur des schistes rouges, calcareux, d'une fissilité imparfaite, à cassure terne, ne contenant que de rares paillettes de mica. Au-dessus de Livadie, au S.-O., les sources de l'Hercyne (Léthé et Mnémosyne) sortent d'un calcaire noir foncé, traversé de spath calcaire blanc. Cette roche noire, fétide sous le choc, compose toute la montagne de l'ancien château de Livadie, et les grands rochers qui s'élèvent au fond du ravin. Les couches sont très-faiblement inclinées vers le N. quelques degrés O. Certains bancs d'un calcaire gris, grenu, subcristallin, avec des lamelles de chaux carbonatée cristallisée, sont associés aux calcaires noirs, et cette circonstance est importante à signaler; car à quelque distance de Livadie, c'est ce calcaire subcristallin qui domine, et l'on ne peut dès lors mettre en doute qu'il ne soit contemporain du calcaire noir. Livadie.

A l'E. de Livadie, les montagnes qui s'élèvent sur la droite de la route de Thèbes, offrent une série de couches analogues aux précédentes et dont l'inclinaison la plus commune est vers le N.-N.-E. Tantôt ce sont des calcaires noirs, tantôt des calcaires gris, cristallins, avec des schistes rouges dont il est bien difficile de les séparer, et qui appartiennent à la même formation. Plusieurs fois les alternances de calcaire et de schiste se répètent, et ici, de même qu'au Parnès et aux environs de Tatoi, la stratification des roches feuilletées concorde avec celle des massifs calcaires. Les schistes sont souvent friables, à feuillets irréguliers et tour-

mentés, traversés en tous sens par des veinules calcaires. Le schiste rouge dégénère en un schiste brun jaunâtre terreux, avec nodules calcarifères, bruns ou verdâtres, dans le voisinage duquel le calcaire est schisteux. Enfin l'on rencontre aussi des grauwackes grenues, divisées en masses rhomboïdales, qui s'associent en quelques points à des calcaire très-cristallins.

Au-dessus des moulins de Kalamaki, une belle source sort de ces terrains, elle est chargée d'une grande quantité de carbonate de chaux et elle a formée des collines entières d'un tuf solide qu'on a exploitée comme pierre de taille.

Au pied de ces montagnes secondaires, nous trouvons des conglomérats marneux avec cailloux de roches amphiboliques et de calcaire noir ou cristallin, des calcaires blancs marneux, et des noyaux d'argile blanche avec des variétés analogues à la magnésite. C'est le terrain de Thèbes.

Ravin de Kapréna.

Si l'on traverse l'Hercyne, auprès des moulins, au-dessous de Livadie, on rencontre, au niveau de la vallée les calcaires compactes subcristallins ou grenus, gris ou blancs. Ils passent bientôt à des calcaires jaunâtres, lithographiques qui se développent quand on arrive sur le versant occidental de la montagne, près du ravin de Kapréna. Sous ces derniers qui penchent le N.-N.-E., sont des bancs minces, affectant une division globulaire. Ils renferment une grande quantité de moules d'hippurites, *hippurites bioculata*. Des masses énormes de calcaire compacte brun jaunâtre contiennent ces hippurites en grande abondance. On y remarque en outre de petites huîtres, une pholadomie, une *patellada* (non décrite) et une *terebratula subtriloba* (variété *orbiculata*, espèce du

gault). Ces terrains, dont l'âge est ainsi bien déterminé, se découvrent assez haut dans le ravin, et on peut les suivre jusqu'à la vallée du Mavro-Nero.

Entre ce point et Livadie, le terrain présente la coupe suivante :

1° Calcaire subcristallin, ou calcaire compacte gris ou jaune, en bancs inclinés;

2° Agglomération d'hippurites dans ces calcaires;

3° Terrain tertiaire : marne et calcaire feuilleté, conglomérats en couches horizontales;

4° Calcaire blanc fissile, tendre;

5° Marnes blanches; marnes avec cailloux de roches éruptives;

6° Alluvion de la vallée.

Les calcaires qui surmontent les couches fossilifères dans la partie supérieure du ravin sont d'une roche extrêmement dure; leur surface est souvent polie et présente de grands sillons verticaux assez profonds.

Le côté gauche du ravin de Kapréna met à découvert des argiles durcies qui se délitent en minces feuillets, contournés autour de nodules argilo-calcaires micacés. Ces roches feuilletées sont associées à des bancs d'une sorte de psammite ou grès jaunâtre, très-micacé, à structure schisteuse. Cette succession de couches se répète un grand nombre de fois, et compose, sur une grande hauteur, la vallée d'Arakhova. Toutes les montagnes qui s'abaissent vers le thalweg de la vallée, et qui sont comprises de chaque côté entre les massifs de calcaire compacte, sont ainsi formées. De profonds ravins, très-accidentés, y sont creusés, et présentent de loin une nuance fauve caractéristique de cette

Vallée d'Arakhova.

formation. Les couches, toujours fort minces, sont plissées, presque verticales, dirigées E.-O.

D'Arakhova au Parnasse.

Le chemin qui conduit d'Arakhova au sommet du Parnasse passe par Kalyvia d'Arakhova. On y parvient en gravissant un talus rapide. Au sortir d'Arakhova, on marche d'abord sur la tranche des argiles et des psammites qu'on vient de décrire; puis on observe, en stratification concordante avec ces roches terreuses, des schistes grossiers rougeâtres, calcarifères et des grauwackes plongeant vers le N. quelques degrés O., et recouverts eux-mêmes par des calcaires compactes gris ou bruns (variété à hippurites). De cette position élevée, on domine la baie de Salona, et l'on distingue jusqu'en bas les couleurs brunes de la formation argileuse; à des niveaux supérieurs, on aperçoit les alternances de calcaires et de schistes, reconnaissables par la teinte rouge que ceux-ci communiquent aux dépressions.

Kalyvia d'Arakhova.

Jusqu'au petit plateau de Kalyvia d'Arakhova, on suit les calcaires gris ou jaunâtres, compactes, lithographiques. Ce plateau est couvert d'une couche épaisse d'un limon rouge contenant de nombreuses concrétions d'oxyde de fer. Il aboutit à trois gouffres ou *katavothra*. Nous reviendrons, en parlant du lac Copaïs, sur ces issues souterraines, caractéristiques des formations calcaires de la Grèce. Nous nous bornons à indiquer ici que, pendant l'hiver, ces débouchés étant insuffisants, la plaine de Kalyvia, enfermée par une ceinture rocheuse, est inondée et que les eaux, gagnant de plus en plus, menacent d'envahir le hameau. Les eaux ne disparaissent complétement que pendant l'été. Elles débouchent entre Métoki et Salona, à 10 kilomètres au moins de distance horizontale

du point où elles disparaissent, et à plus de 500 mètres au dessous de l'ouverture béante des Katavothres. La ligne qui joindrait cette ouverture à l'issue des eaux, où la direction moyenne du cours souterrain est sensiblement de l'E. à l'O., comme les chaînons principaux et les strates du terrain. Ce canal souterrain n'a point d'autre cause que le soulèvement des couches qui les a plissées ou redressées les unes contre les autres en y laissant des vides.

Les cours d'eau qui descendent à l'E. et au N.-E. du Parnasse sont tous tributaires du lac Copaïs. Ils viennent se réunir au Céphise (1) ou Mavro-Nero dans la grande vallée qui court du N.-O. au S.-E., et vient aboutir à la barrière de rochers qui limite le lac du côté de l'E. Entre Orchomènes et Topolias, une paroi de calcaire, souvent à pic, forme le contour septentrional. C'est la variété grise, compacte, souvent décrite, associée, près de Rhado, à des schistes rouges et verts. Au midi, les terrains descendent en pente douce vers la plaine marécageuse. Cette zone, d'une grande fertilité, est formée par les terrains tertiaires, comme aux environs de Thèbes et de Livadie. C'est, à la base, des galets de roche verte, des poudingues et brèches calcaires, et plus haut des calcaires tendres et des marnes. Les mêmes roches se retrouvent sur le col qui sépare le Copaïs de la plaine de Thèbes; mais là, il serait difficile d'affirmer qu'il n'existe pas quelque lambeau de ce même terrain remanié, ou du moins, quelque dépôt plus récent, témoin d'une érosion moderne.

Cours d'eau du lac Copaïs.

---

(1) Qu'il ne faut pas confondre avec le cours de même nom dans l'Attique.

L'étage tertiaire s'appuie contre les calcaires compactes, gris ou rosés, avec quelques variétés grenues, qui forment les chaînes élevées au-dessus de Vrastamitis et de Siakho. La tour au S. de Moulki, repose sur un rocher formé d'un beau calcaire blanc, saccharoïde, très-caverneux.

Paroi orientale du lac.

Du côté oriental, le lac est fermé par la paroi abrupte sous laquelle les eaux ont leur cours souterrain. On y observe trois baies : la plus profonde, à l'extrémité de laquelle se rendent, au-dessous du monastère de Varia, les eaux du Mélas et des divers affluents, a une forme allongée. 6 kilomètres la séparent de la mer auprès de Larymna et de Skroponeri. La seconde, vers le milieu de la largeur, s'avance beaucoup moins dans la montagne. Un col peu élevé conduit du fond de cette anse au lac Likhéri qui reçoit les eaux de la plaine de Thèbes. La troisième, moins profonde encore, est auprès du village de Moulki.

Le Copaïs n'a aucune communication apparente avec la mer, ni avec les lacs placés au-dessous de lui. Les montagnes de la paroi orientale présentent des roches à pics et des cols qui traversent la chaîne en s'élevant à 30 ou 40 mètres au-dessus du niveau du lac. Ces cols sont au nombre de trois. Le plus septentrional a une direction moyenne du S. au N. un peu O., entre le fond de la première baie et Larymna. C'est le col de Képhalari ; le second, déjà cité, est entre le lac Copaïs et le lac Likhéri. Le troisième conduit à la plaine de Thèbes au-dessus de Moulki ; c'est le moins élevé des trois.

Monts Ptoüs.

Les monts Ptoüs qui séparent le lac Copaïs, de la Méditerranée d'un côté, et du lac Paralimni de l'autre, sont composés d'un calcaire compacte,

souvent décrit, dont les couches ont été plissées et redressées lors des soulèvements qui ont dessiné les traits principaux du relief de la contrée. Il est résulté de ces dislocations de nombreuses fractures du terrain et des vides plus ou moins considérables entre les couches ainsi bouleversées. Les canaux naturels par où s'écoulent les eaux du bassin, les *Katavothra* (1), n'ont pas d'autre origine. L'élargissement de ces gouffres a dû être le premier effet produit par les eaux qui s'y précipitèrent; mais des causes, agissant en sens opposé, n'ont pas tardé à se manifester. D'une part, les éboulements ont dû contribuer à rétrécir le passage; de l'autre, les débris charriés par les torrents ont formé des obstructions et des atterrissements. Les katavothra.

La paroi orientale du lac renferme un grand nombre de ces gouffres; on en compte vingt-trois entre Topolias et Moulki, et probablement il en existe davantage. On voit dans la même région des grottes profondes et des cavités de diverses formes dont l'origine est évidemment la même.

Les katavothres n'ont pas tous la même importance. Deux seulement, dans la baie supérieure, sont susceptibles d'absorber un volume d'eau notable. Tous d'ailleurs ne sont pas au même niveau et n'ont d'effet utile pour la vidange du lac qu'à des périodes différentes de l'inondation.

La disposition de ces canaux souterrains se lie d'une manière remarquable à la stratification du

(1) Le nom de *katavothron* s'applique au gouffre, à l'ouverture par où les eaux se précipitent. Par extension, nous donnons ce nom aux fissures, aux canaux naturels, de forme irrégulière, émissaires des eaux du lac.

Considéré du haut des montagnes qui l'encadrent, le Copaïs présente, à l'époque des basses eaux, l'aspect de nos plus belles prairies des régions tempérées. Dès que l'on a dépassé la zone de culture, on reconnaît combien cet aspect est trompeur et l'on se trouve arrêté par un immense marais dont l'eau et la vase sont masquées par les roseaux et les plantes aquatiques qui y croissent avec une vigueur et une abondance extraordinaires. Cette limite atteinte, il est impossible de s'avancer vers l'intérieur du marais sans courir les plus grands dangers. Pendant les années les plus sèches, ce marécage n'a pas moins de 15.000 hectares de superficie. Cette étendue est toujours imbibée d'eau et toujours inabordable; il s'en exhale des miasmes qui infectent l'atmosphère et qui développent la fièvre à laquelle aucun habitant n'échappe. Aspect du lac Copaïs.

A l'étiage, les katavothres suffisent largement au débouché de toutes les eaux, dont le volume n'excède pas une dizaine de mètres cubes par seconde. Volume des eaux.

Pendant la saison pluvieuse, les trois rivières principales, et surtout le Céphise et l'Hercyne, se gonflent à la manière des torrents; leur volume s'accroît de celui d'un grand nombre d'affluents qui proviennent de bassins étendus. Tous ces torrents, dont on soupçonne à peine l'existence au mois de septembre, descendent des montagnes et versent dans l'enceinte du lac un produit considérable. Les pluies commencent en octobre et ne cessent qu'en avril; on compte cent jours pluvieux par année, et nous avons lieu de croire que la tranche d'eau annuelle a plus d'un mètre de hauteur.

Circonstances de l'inondation.

La plaine commence à se couvrir d'eau dans le mois de novembre, et le niveau du lac s'élève graduellement. Il cesse de croître au mois de mars. L'inondation atteint son plus haut période en janvier et février; alors aussi les neiges du Parnasse fondent et jettent leur produit dans les affluents du lac. Pendant les inondations ordinaires, le niveau des eaux s'élève, contre le grand katavothre, à 6 mètres au-dessus du lit du Mélas, comme on peut le voir par les traces qu'elles laissent sur les rochers qui surmontent le gouffre. On suit aisément cette ligne d'inondation sur le flanc des montagnes. Une seconde trace, à 1m,40 au-dessus de la première, est le témoin des crues extraordinaires. La première inondation couvre une surface de 24.000 hectares; la profondeur des eaux au-dessus du niveau moyen du fond est d'environ 3 mètres. Au moment où l'inondation atteint son maximum on ne doit pas évaluer le volume combiné des rivières et des torrents à moins de 70 mètres cubes par seconde.

Retraite des eaux.

Les eaux commencent à baisser sensiblement à la fin de février. Les affluents diminuent et reprennent leur état normal; les pluies cessent de tomber; les neiges du Parnasse ont disparu; une partie des eaux continue à s'échapper par les katavothres; une autre, très-considérable pendant les chaleurs de l'été, retourne à l'atmosphère par une active évaporation. Néanmoins il arrive souvent que le lac n'est entièrement vide qu'à la fin du mois d'août, et il ne reste plus alors que le vaste marais que nous avons décrit. A ce moment les roseaux et les plantes marécageuses croissent avec une incroyable rapidité et deviennent un obstacle insurmontable à l'écoulement des eaux. Nous

avons trouvé, par des calculs approximatifs, que le lac Copaïs contient, pendant une inondation ordinaire, au moins 600 millions de mètres cubes d'eau.

L'insuffisance des débouchés des katavothres s'est fait sentir dès l'antiquité, et les anciens avaient entrepris, pour augmenter les moyens d'écoulement, d'immenses travaux dont on retrouve les vestiges. Ces travaux sont restés à l'état d'ébauche. De ce nombre sont les puits dont parle Strabon (1). Nous en avons compté seize. Ces puits, qui avaient été comblés, ont été curés, pour la plupart, du temps des Bavarois. La profondeur n'en est point aussi considérable qu'on serait tenté de le croire d'après la tradition; le plus profond n'a que 35 mètres. Ils ne sont pas en ligne droite, mais ils suivent la ligne sinueuse du col de Képhalari. Selon Strabon, de grands travaux auraient été exécutés pour l'écoulement des eaux et l'on a pensé que les puits avaient été creusés dans le but de curer les canaux naturels. Mais la première inspection des lieux doit faire repousser cette opinion, car les puits ne sont pas dans la direction des katavothres, dont ils s'éloignent beaucoup dans la partie centrale. Il est certain que les anciens, reconnaissant comme nous l'exiguïté des canaux, ont eu l'idée hardie de percer la montagne et de pratiquer un canal artificiel de 2 kilomètres de longueur sous le col de Képhalari. Manquant de moyens énergiques pour attaquer la roche, ils ont dû pratiquer leurs puits dans la dépression où ils devaient avoir une moindre profondeur, sans s'inquiéter de l'alignement. Mainte-

Travaux des anciens.

(1) Strabon, lib. 9.

nant jusqu'où ces travaux ont-ils été poussés? Un souterrain a-t-il jamais été exécuté? Nous ne le pensons pas. On ne voit en effet de déblais ni auprès des puits, ni en aucune partie du col ou de la vallée. Le percement d'un canal, même sur une faible section, eût laissé d'autres traces.

Il y a d'autres travaux antiques sur le col qui sépare le Copaïs du lac Likhéri. Ici, comme à Képhalari, ces travaux ne sont point dans la direction des katavothres. Ils remontent à une haute antiquité. Strabon les regardait déjà comme très-anciens et n'a pu leur assigner de date.

Lac Likhéri.

L'idée de jeter les eaux du lac Copaïs dans le lac Likhéri, spécieuse au premier abord, eût été suivie de graves inconvénients. Ce dernier n'est en étendue qu'une petite fraction du Copaïs; les bords en sont escarpés et le point le plus surbaissé correspond à un petit col par où arrivent les eaux de la plaine de Thèbes. Le lac Likhéri est à 40 mètres au-dessous du lac Copaïs, et en y jetant les eaux de celui-ci, elles ne tarderaient pas à s'élever jusqu'au col de la plaine Ténérique et renouvelleraient ainsi le déluge d'Ogygès.

Dessèchement du lac Copaïs.

Le desséchement du lac serait un service immense rendu à la Grèce; il doterait le pays d'une magnifique plaine. Le Copaïs seul nourrirait un jour plus de 30.000 habitants et serait entouré de villes riches et florissantes. Celle de Livadie, dans une si admirable position, entre deux mers, prendrait un grand développement. L'Hercyne la traverse avec une pente énorme et engendre une force de plus de mille chevaux. Les terres environnantes sont d'une extrême fertilité, toujours pourvues d'eaux abondantes, ce qui est bien rare dans le reste du continent. Mises à l'abri

des funestes effets de l'inondation, elles seraient propres à tous les genres de culture. C'est là un avenir brillant que la Grèce régénérée réalisera un jour (1).

Si l'on rapproche les détails que nous avons donnés sur des katavothres des intéressants renseignements que M. Boblaye a consignés dans le chap. VII, t. 2 de l'Expédition de Morée, on verra que nos observations touchant l'origine des gouffres naturels du lac Copaïs sont d'accord avec celles de ce savant sur les katavothres de la Morée et les confirment en tous points.

Directions entre le lac et Chalcis.

Il nous reste, avant de reprendre le cours de nos descriptions, à présenter quelques remarques sur les directions constantes que l'on observe entre le lac Copaïs et Chalcis. La direction d'un grand nombre de couches, celle des fractures auxquelles sont liés plusieurs katavothres, sont sensiblement parallèles à la chaîne tertiaire de la plaine de Thèbes, vers l'E.-N.-E. C'est la direction dominante dans les monts Ptoüs, entre le grand katavothre et le cap Gatza, au sud de la baie de Skroponeri, entre Karditza et Anthédon. C'est celle des massifs calcaires entre le lac Likhéri et le détroit d'Euripe. Enfin c'est l'alignement du lac Paralimni, compris entre ces massifs et les monts Ptoüs, et qui forme, après le Likhéri, un second étage au-dessous du lac Copaïs. La disposition de ces bassins en gradins mérite d'être signalée. Du Copaïs à la mer, en suivant les lacs Likhéri et Paralimni, il y a environ 20 kilomètres. Le premier

(1) Ces détails sur le lac Copaïs sont extraits d'un travail étendu que nous avons rédigé à l'appui d'un projet de desséchement.

est à 98 mètres au-dessus de la Méditerranée, le second à 58 mètres, et le Paralimni à peu près à 30 mètres. Chacun d'eux est séparé du suivant par un col de 40 à 50 mètres de hauteur, et un pareil obstacle est entre la mer et le lac Paralimni sur une petite longueur. En supposant ces dépressions abaissées, on verserait toutes les eaux dans la mer auprès d'Anthédon, et le fleuve ainsi engendré aurait une pente de 5 millimètres par mètre.

Nature des roches entre le Copaïs et Chalcis. Les calcaires qui bordent le lac Copaïs sont toujours de la variété grise, compacte, quelquefois à texture cristalline. Entre Kokkino et Karditza ils alternent avec des bancs minces de calcaire marneux, avec des grauwackes et des psammites, et dans le col élevé qui sépare Karditza d'Houngoura, on retrouve du grès et des argiles durcies qui rappellent les assises inférieures au calcaire à hippurites de Livadie et du Parnasse. La direction et l'inclinaison de ces couches sont variables; cependant le plongement vers le N.-E. paraît être le plus fréquent. Les conglomérats, les cailloux au milieu d'une pâte calcaire, et les roches marneuses dépendant de l'étage tertiaire, se montrent à différents niveaux sur une faible épaisseur. Ils forment la plus grande partie du col de Likhéri; ils bordent au sud le lac Paralimni, et s'élèvent très-haut entre Karditza et Houngoura.

Loukisia. Avant de traverser le premier ravin qui sépare le Paralimni de Loukisia, on suit des calcaires gris compactes dont les tranches sont recouvertes de poudingues tertiaires; puis au milieu de ces calcaires qui se mélangent de variétés grenues ou cristallines, on voit apparaître des grauwackes schisteuses et des roches de serpentine, plus ou

moins décomposées, formant des masses isolées. Dans le voisinage de ces roches éruptives sont des calcaires rouges subcristallins, des schistes de même couleur et des amas d'oxyde de fer compacte. Cette succession de roches se retrouve fréquemment dans l'Eubée, ainsi que nous aurons bientôt occasion de l'indiquer.

Entre Loukisia et Chalcis le chemin est au bord de la mer et fort escarpé. Vis-à-vis de la tour de Hos Nikolaos, la falaise est verticale et formée, sur 20 à 30 mètres de hauteur, de poudingues à gros cailloux dont il ne reste souvent qu'une bien faible épaisseur appliquée contre le calcaire compacte. Ce dernier plonge tantôt vers l'O., tantôt vers le S.-O. Au delà de Chalcis, et jusqu'au détroit, le calcaire terreux et les poudingues recouvrent les roches d'une époque plus ancienne qui se montrent çà et là en bancs diversement inclinés. Chalcis.

L'île d'Eubée a donné lieu à des observations dignes de quelque intérêt.

En sortant de Chalcis par le chemin de l'antique Erétrie, on suit, sur 2 kilomètres environ, le bord de la mer. Les escarpements consistent en un calcaire noir, veiné de blanc, identique à celui des sources de l'Hercyne. Il incline tantôt vers le N.-O., tantôt vers le S.-E. De Chalcis à Erétrie.

La plaine fertile d'Ambélia est formée par un sable de mer très-coquillier. Auprès de Vasilikos, la formation tertiaire se développe; elle est toujours composée de marnes blanches, de calcaires jaunâtres, grenus ou terreux, avec des couches sensiblement horizontales de poudingues, à cailloux de calcaire et de roche verte amphibolique. Les falaises et les promontoires présentent dans cette région des plateaux de niveau qui corres-

pondent à des couches horizontales de calcaire poreux et de brèches. Celles-ci s'appuient, à peu de distance vers le nord, contre les strates inclinés des calcaires noirs.

Kaki-Skala. Entre Erétrie et Kaki-Skala les conglomérats et les brèches en bancs horizontaux dominent principalement, et parmi les débris qu'empâte la matière calcaire on voit des fragments de gneiss, de calcaire cristallin et de quartz. Près de Kaki-Skala, ces dépôts portent la trace d'une faille ou d'une dislocation qui a brisé les assises.

Le chemin abrupte de Kaki-Skala coupe une succession de roches intéressantes : ce sont d'abord des calcaires en lames, minces, bitumineux, fétides, inclinés au S.-E., et alternant avec d'autres bancs de couleur jaune ou blanchâtre. On passe à des grauwackes stratifiées avec les calcaires, à des schistes grenus et quartzeux, micacés; puis, sur une grande étendue, le calcaire est saccharoïde ou lamelleux. Dans cet état, la stratification n'est plus distincte, la roche est fendillée, caverneuse, remplie de cavités irrégulières, allongées, avec des stries profondes. Elle passe ensuite à des calcaires noirs en couches bien réglées, lesquels précèdent une nouvelle masse de calcaire cristallin. Il est impossible d'établir une distinction de gisement entre les calcaires compactes noirs, les calcaires-marbres, les grauwackes et les schistes micacés. L'absence de fossiles laisse sur la question de l'âge de ces roches une grande incertitude; mais ce groupe présente une telle analogie avec les couches du Cythéron, avec celles de Livadie, voisines des hippurites, avec le calcaire à huîtres de Chalcis, qu'il y a certainement

plus de raison de les rapporter à la même formation secondaire qu'à toute autre.

Les poudingues et les calcaires tertiaires se retrouvent à Aliveri. Au-dessous d'eux sont les schistes et les grauwackes, qui forment des coteaux arrondis. On y voit çà et là des lambeaux de calcaire subcristallin ou schistoïde intercalé dans les grauwackes. Cette région schisteuse s'étend entre Aliveri et Avlonari, par Lala, Gavalas et Varibopi. On la découvre à quelque distance plus loin dans la direction de la vallée de Nikoleia. Dans ces terrains les vallées sont généralement fertiles, bien arrosées, plantées de bois et couvertes d'une riche végétation. Aliveri.

Avant Orio, on quitte les grauwackes et les schistes, et l'on retrouve en couches à peu près horizontales les conglomérats et les brèches, les calcaires sableux en bancs minces. La vallée d'Oxylithos est creusée jusqu'à la mer, tantôt dans cet étage calcareux, tantôt au milieu des débris de schistes et de roches grenues qui en font partie. Orio.

A Orio même les calcaires tertiaires se présentent sous forme d'une roche qui ressemble à un grès tendre. Çà et là ils alternent avec des poudingues, parmi les cailloux desquels sont des boules et des galets de roche serpentineuse et des noyaux de quartz.

Ces assises peu nombreuses à Orio prennent, en descendant vers la mer, une grande extension, et cette formation remarquable par la constance de ses caractères constitue des montagnes et de grandes falaises jusqu'au delà du port de Koumi, où le calcaire compacte affleure. Cet étage calcaire a plus de 200 mètres d'épaisseur. Il est composé sur toute sa hauteur d'une succession de

bancs minces de calcaire tendre, grenu, jaunâtre, qu'on serait tenté de prendre pour un grès. Certains bancs sont très-fissiles et se divisent en plaquettes de quelques millimètres d'épaisseur. On y rencontre des couches de marnes et de calcaire compacte, sans aucune trace de fossiles. Au bord de la mer les couches sont généralement peu inclinées; il y a cependant des failles et des dislocations, et souvent une inclinaison prononcée vers l'ouest. Aux abords du port de Koumi, à quelques mètres au-dessus de la Méditerranée, on observe dans cet étage des conglomérats remarquables par la grande quantité de cailloux de diorite et de roches serpentineuses qu'ils renferment.

Koumi. On monte du port au village de Koumi, par un chemin escarpé au milieu de l'étage calcaire fortement incliné vers l'O. A la hauteur de Koumi, le calcaire noir compacte ou subcristallin apparaît avec quelques schistes bleus luisants.

O. de Koumi. A l'O. de Koumi, en suivant le ravin pittoresque qui conduit à un gîte de lignite que le gouvernement fait exploiter, on rencontre d'abord des grauwackes tendres et terreuses, des espèces de psammites et des argiles durcies, rhomboïdales, qui rappellent celles de la vallée d'Arakhova dans l'étage crétacé inférieur. Viennent des calcaires cristallins en masses épaisses qui composent des rochers d'une grande hauteur. Ces calcaires passent à des variétes noires, grenues, à filets blancs, et à d'autres bancs minces de calcaire noir identique à ceux de Chalcis et de Kaki-Skala. L'ensemble de ces couches plonge vers le N. Au fond des ravins et dans les gorges on distingue des schistes bleus, rouges ou verts, des grauwackes, des grès, des roches feldspathiques, en gisement concordant

avec les calcaires, en sorte qu'on est forcé de considérer ces groupes comme dépendant d'une seule et unique formation. De puissantes masses de diorite, de serpentine et de diallage percent çà et là au milieu de la série des schistes et des grauwackes : on y découvre un grand nombre de roches talqueuses et magnésiennes. Ces roches éruptives paraissent à un niveau élevé dans les ravins, et se montrent au-dessous de la couche de lignite qui affleure à plus de 300 mètres au-dessus de la mer.

Ce dépôt charbonneux forme un bassin de quelque étendue, détaché de l'étage tertiaire que nous venons de décrire. Mais les roches sur lesquelles le lignite repose se rattachent par l'identité de composition à celles des niveaux inférieurs. Ce sont des calcaires marneux ou grenus, jaunâtres ou gris. Le lignite exploité consiste en une couche de 2 mètres d'un charbon assez compacte, pyriteux en quelques parties, qui repose sur un second lit de lignite peu épais et irrégulier, mêlé d'argile. Lignite de Koumi.

Le charbon affleure dans les nombreux ravins qui traversent ces montagnes; il forme, du côté de Kastrovola, un gisement assez considérable. En face de Koumi, l'inclinaison est de 10 à 12° vers l'ouest; mais il est facile de reconnaître, en suivant les affleurements que cette inclinaison ne reste pas constante et que le lignite, ainsi que les couches qui le supportent, a la forme d'une cuvette ou d'un fond de bassin. Le lignite est recouvert par une glaise brune, tenace, au-dessus de laquelle recommence une succession de calcaire marneux assez épais, passant bientôt à des calcaires grenus, durs, sonores, qui se divisent en lames comme certains grès micacés.

un surveillant et sept mineurs. On extrait annuellement un million d'ocques (1250 tonnes) de charbon, qui se vend de 3 à 4 leptas l'ocque, ou 32 francs les 1000 kilogrammes, au port de Koumi. C'est un prix exorbitant, et qui fait que l'usage de ce combustible est fort restreint. Il est du reste d'assez bonne qualité, ainsi que le prouve l'usage qu'on en fait journellement dans les distilleries de Koumi.

Il résulte de nombreux essais que nous avons faits sur les lignites de Koumi, qu'on doit considérer deux espèces de charbon, dont il importerait de faire le triage sur le carreau de la mine. L'une est légère, à cassure d'un noir mat, conservant la texture fibreuse du bois; c'est la plus pure et la meilleure; l'autre est lourde, schisteuse à feuillets luisants, contenant beaucoup de cendres. Composition.

La première est, en moyenne, composée de :

Eau.	0,15
Charbon.	0,42
Matières volatiles. .	0,40
Cendres.	0,03
	1,00

Elle équivaut aux 60 centièmes de son poids de charbon pur. Son pouvoir calorifique est environ les 2/3 de celui de la houille anglaise qu'on emploie dans l'Archipel.

La seconde variété contient :

Eau.	0,15
Charbon.	0 30
Matières volatiles. .	0,32
Cendres.	0,23
	1,00

Elle équivaut aux 40 centièmes de son poids de

charbon et par conséquent sa puissance calorifique n'est guère supérieure à celle du bois ordinaire.

Considérations sur ce lignite. Le prix élevé de ce combustible tient, d'une part, au peu d'étendue de l'exploitation, et de l'autre, à ce que le toit de la carrière étant peu solide, le boisage est coûteux. Le transport de la mine au port se fait à dos de mulet. La charge est de 100 à 110 ocques (130 kil.) et l'on paye, pour cette quantité, 98 leptas (0f,90) environ. Le transport revient donc au prix élevé de 7 fr. par tonne; la distance est au plus de 5 kilomètres. Ces frais pourraient être notablement réduits par l'amélioration de la route, opération très-praticable; mais qu'on ne pourrait entreprendre qu'avec la certitude du développement de l'exploitation. Il est probable que, dans ce cas, le prix du lignite au port de Koumi pourrait être réduit à 2 l. 1/2 (18 fr. les 1000 kil.). Le charbon anglais revient dans ces parages à 60 fr. au moins. Il y aurait donc un grand avantage pour l'industrie locale et pour le service des côtes de la Grèce et de l'Archipel à étendre l'exploitation de Koumi.

Autres gîtes. Ce gîte n'est pas le seul que renferme l'Eubée; on cite celui de Limni qui, d'après les échantillons qui nous ont été présentés, ressemble beaucoup au combustible de Koumi. D'ailleurs, il en existe d'autres en Morée, sans parler de celui de Marko-Poulo qui nous a paru médiocre. Ces gîtes de combustibles, dans un pays dépourvu de bois, sont dignes de fixer l'attention du gouvernement. L'extension qu'a prise dans le midi de la France l'exploitation de charbons analogues, notamment aux environs de Marseille, est un exemple qui doit servir d'encouragement à ceux qui tenteraient d'ouvrir en Grèce des mines du même genre. Nous

ne doutons pas que ce combustible ne puisse être appliqué aux foyers métallurgiques et au chauffage des chaudières de bateaux à vapeur appelés à faire le service des côtes ou de l'Archipel, ou tout autre parcours limité.

Quant à l'âge de ces lignites, il ne paraît pas qu'ils soient plus récents que l'étage tertiaire moyen. Quoique situés dans un bassin lacustre isolé, leur liaison avec les couches des vallées d'Orio, avec celles des falaises de la baie de Koúmi, est trop évidente pour qu'on puisse les en séparer. Or, ces dernières se rattachent sans contredit à l'étage des mollasses, des gompholites des environs d'Érétrie et de la Grèce continentale. Les différences minéralogiques que l'on observe d'un point à l'autre de la même formation ne suffisent pas pour faire rapporter les diverses parties à des niveaux différents de la série. Elles tiennent souvent à la position géographique et aux circonstances dans lesquelles le dépôt s'est effectué. Ainsi les calcaires marneux pouvaient se produire dans la baie de Koumi, tandis que du côté d'Érétrie et de Chalcis, les poudingues et les conglomérats prenaient naissance. Enfin, une observation qui, en l'absence de fossiles caractéristiques, donne un grand degré de probabilité à notre opinion, est celle du relèvement de ce terrain suivant une direction qui se rapporte au système *dardanique* des géologues de l'expédition de Morée (S. des Alpes occidentales, N.-N.-E.), dont les effets se sont produits entre la deuxième et la troisième période tertiaire. Entre les Mavro-Vouni et la baie de Koumi, les terrains sont déchirés par de nombreuses failles suivant cette direction; c'est celle des vallées dans toute cette contrée tertiaire, de Kœnistræ, d'Oxy-

Age des lignites de Koumi.

lithos, d'Avlonari. Enfin, les couches des environs de Koumi plongent sensiblement vers l'O. pour prendre aux approches de Kœnistræ l'inclinaison S.-E. : circonstance qui s'accorde bien avec l'hypothèse d'une couche en forme de bassin dont les bords seraient d'un côté contre les calcaires des Mavro-Vouni et de l'autre vers la Méditerranée.

A ce sujet, nous ferons remarquer que le terrain de Koumi semble être l'équivalent de la formation à lignites d'eau douce de l'île d'Yliodroma, dans l'Archipel du Diable, qui a fait l'objet d'une note intéressante de M. Virlet (Expédition de Morée, t. II, p. 233). Ce lignite est compris, comme celui de Koumi, entre les couches minces et nombreuses d'un calcaire blanc marneux et tufacé, avec des débris de végétaux fossiles (à Koumi, les feuilles dominent) auxquelles succèdent, comme à Koumi encore, des calcaires plus durs, compactes. Il ne manquerait à ces derniers, pour établir une connexité complète avec ceux de l'Eubée, que les belles empreintes de poissons. Suivant M. Virlet, le terrain à lignites d'Yliodroma aurait été relevé par le système de dislocation dardanique et serait contemporain de la grande formation des gompholites du Péloponnèse et des nagelflues de la Suisse. De même qu'à Koumi, le lignite d'Yliodroma est à 250 ou 300 mètres au-dessus de la mer.

Kastrovola. Dans la vallée qui sépare Koumi de Kastrovola, on rencontre de nombreux amas de serpentine, dans le voisinage desquels se présentent de gros filons d'oxyde de fer ; puis des schistes et des roches grenues avec des grenats. A quelques mètres au-dessus des serpentines affleurent les calcaires tertiaires qui s'imprègnent d'argile auprès de Kas-

trovola. Près de Kœnistræ, cette puissante formation renferme des conglomérats de couleur brune et rouge; le tout s'incline vers le S.-E. Les villages de Kadi, Pacha, etc., sont sur cet étage qui conserve les mêmes caractères jusqu'à Vrisy et au delà. Puis, ces caractères se modifient et rappellent les environs de Thèbes; on voit alors des calcaires jaunâtres, poreux et des conglomérats dans la même pâte. Kœnistræ.

Entre Vrisi et Kremastro les marnes sont abondantes et reposent sur des roches de diorite et de serpentine qui percent çà et là à la surface du sol. Non loin de ces roches éruptives on distingue d'épaisses assises de schiste bleu luisant, vert et violet, des schistes quartzeux passant au gneiss, de couleur blanche, et des roches magnésiennes, se réduisant en une poussière onctueuse. Les schistes sont bientôt associés à des grauwackes plus ou moins grenues, à des roches porphyriques à grains irréguliers de quartz et de feldspath. A un niveau supérieur, au N.-O. de Kremastro, on remarque plusieurs bancs de calcaire noir, en tout semblable à celui de Chalcis et de Kaki-Skala.

La succession de schistes et de grauwackes liées intimement à des roches cristallines se reproduit plusieurs fois sur le chemin de Kremastro à Louto, et elle atteint une grande élévation au col qui conduit aux Platanes. En différents points apparaissent au milieu des schistes, en stratification concordante, des calcaires grenus bleuâtres qui constituent tous les sommets des chaînes élevées du massif de l'Eubée. Ces couches plongent vers l'O.; mais, près de Louto, l'inclinaison change et regarde l'E.-S.-E. Chemin de Louto.

Entre les Platanes et Louto le terrain a la plus grande ressemblance minéralogique avec la formation silurienne bien connue de l'Ardenne ; ce sont des schistes violets et bleus, dont quelques-uns passent par degrés au micaschiste. Certains de ces schistes contiennent de grosses amandes de calcaire cristallisé et de nombreux filons de quartz. Enfin, auprès de Louto, il y a plusieurs dykes d'une roche porphyroïde, semblable à celle de Mairup (Ardennes), sur laquelle les géologues ont tant discuté. C'est un porphyre à pâte bleuâtre feldspathique, à gros cristaux de quartz améthyste et de feldspath orthose. On y rencontre les variétés schisteuses de ce porphyre passant à une sorte de gneiss, puis des schistes quartzeux blancs sans mica. Les schistes bleus sont associés à ces roches, ainsi que les grauwackes et des grès feldspathiques. Nous avons tout lieu de croire, d'après nos recherches chimiques, que les porphyres compactes et schistoïdes résultent d'une modification et d'une cristallisation des grauwackes et des schistes dans lesquels se trouvent tous les éléments qui peuvent donner naissance à du feldspath et à du quartz.

Dans la vallée de Louto, à un niveau élevé, ce terrain est recouvert par des bancs horizontaux de poudingues. On les voit çà et là en concordance avec des calcaires terreux jaunâtres, et d'autres blancs, compactes. Ceux-ci constituent a montagne de Dokos, et descendent avec les poudingues jusqu'à Chalcis. Entre Louto et cette ville, partout où ne se montre pas l'étage tertiaire, on reconnaît les calcaires compactes ou cristallins, gris ou bleus, en couches inclinées vers l'O.-S.-O. Enfin, la plaine à l'E. de Chalcis et la

falaise du côté des moulins ruinés sont composées de couches horizontales qui consistent en débris de roches de serpentine empâtés dans un ciment calcaire. On marche en plusieurs points sur ces roches éruptives, et le terrain neptunien, qui n'a que peu d'épaisseur, est le résultat du remaniement et de l'altération de ces roches avec mélange de matière calcaire. Quelques cailloux de ces roches vertes, en parties décomposées, ont pris une texture poreuse, qu'on a pu confondre avec celle de certaines roches volcaniques. Cette circonstance aurait accrédité l'opinion que l'île d'Eubée a été le théâtre d'éruptions volcaniques. Nous n'avons rencontré aucune trace d'une semblable action dans la partie que nous avons parcourue.

Résumé. Considérations générales.

Parvenu au terme de cette longue description, nous chercherons à résumer en peu de mots le petit nombre de faits dignes de quelque intérêt qu'il nous a été donné de constater.

Les puissantes formations de calcaires signalées en Morée se retrouvent dans l'Attique, la Béotie et l'île d'Eubée. A la rigueur, si l'on se bornait à tenir compte des caractères minéralogiques, on pourrait voir dans ces calcaires et dans les roches qui les accompagnent, les analogues de ceux qui ont été si minutieusement décrits par MM. Boblaye et Virlet.

Nos observations ne jetteront qu'une bien faible lumière sur le classement de ces grandes masses. Nous n'avons, pour l'essayer, ni les caractères zoologiques, ni ceux de la superposition. Les seuls points de repère qui nous aient apparus, sont auprès de Livadie, de Tatoï et de Chalcis. A Livadie, l'hippurite est caractéristique de couches importantes qui se lient au dépôt schisteux et

saillants. Si l'on tire une ligne d'Athènes à Koumi, elle rencontrera sur tout son trajet un ensemble d'accidents qui se rapportent à la direction générale du système Dardanique (Alpes occidentales). Nous trouvons dans ce sillon les grands ravins de l'Attique, le mont Hymète, les monts Lycabète au N.-E. de la capitale, et au N.-O. la petite chaîne de l'Icarus et de l'Egalæus; puis la falaise calcaire qui termine le massif du Parnès et contre laquelle s'appuient, à l'Est de Merkouri et de Tatoï, les couches de gompholites et de calcaires marneux. A l'autre extrémité vers Koumi, on rencontre les assises calcaires pliées en forme de bassin. On ne peut méconnaître, sur cet alignement, une grande constance de directions et de soulèvements qui tous se rattachent à un système N.-N.-E. C'est le même cataclysme qui a dessiné la partie méridionale des Dardanelles et relevé les îles de l'archipel du Diable et les lignites d'eau douce d'Yliodroma, contemporains de ceux de Koumi. Le système de ces îles ne se trouve pas précisément sur la ligne que nous avons tracée d'Athènes à Koumi; mais sur une ligne parallèle dont le prolongement conduit à une seconde dépression de l'Eubée, de Hagia Sophia à Psakhna, parallèlement à celle d'Aliveri à Koumi.

Aux systèmes des Pyrénées et des Alpes occidentales, il faut joindre celui du Mont-Viso qui dessine l'extrémité de l'Attique vers le cap Colonne, la partie étroite de l'Eubée, entre Alivéri et Stoura, et probablement les chaînes principales qui traversent l'île de Kaki-Skala au mont Delphi.

Parmi les soulèvements plus récents, il en est un dirigé vers l'Est q. q. degrés Nord. On l'observe dans la grande vallée de la Béotie, dans les

collines tertiaires de Thèbes; de chaque côté de cette vallée, dans les crêtes du Cythéron, dans les monts Ptoüs, aux promontoires de Skroponeri, dans les plissements et les accidents divers qui se rattachent aux canaux souterrains du lac Copaïs, enfin dans le massif situé entre le lac et le détroit d'Euripe. Ces directions correspondent bien au système de l'Erymanthe de MM. Boblaye et Virlet, que ces savants ont placé avec doute entre les deux derniers terrains tertiaires. D'un autre côté, ces directions se rapprochent de celles des Alpes principales, postérieures au terrain subapennin, et il nous semble qu'il y a tout autant de raisons de rattacher ce grand pli à cette époque. Malheureusement, la vallée de Thèbes ne présente aucun terrain qu'on puisse avec certitude considérer comme sub-apennin, et nous n'avons, dans toute cette région, qu'un seul lambeau, qu'une discordance de stratification pourrait peut-être faire placer à la base du troisième étage tertiaire. C'est le lignite d'Oropos.

Nous ferons remarquer à cette occasion que dans les bassins limités, dans le voisinage des montagnes secondaires, la séparation des divers étages tertiaires est souvent difficile, sinon impossible, en l'absence de caractères zoologiques. En effet, les éléments qui les constituent sont identiques et il peut se faire que des poudingues polygéniques et des tufs calcaires, appartenant non-seulement aux divers étages tertiaires; mais même à des formations tout à fait modernes, aient été confondus.

Nous terminerons par un mot sur quelques-unes des notations adoptées dans les signes conventionnels de la carte. Partant de l'hypothèse que

tous les schistes de Livadie et de l'île d'Eubée dépendent des formations du terrain secondaire, qu'ils ne sont que des modifications d'un système unique, nous en avons représenté les groupes principaux d'une manière uniforme ; il en est de même des calcaires si variés que nous avons rencontrés. Si tous ces calcaires sont secondaires, des divisions y devront être certainement établies ; mais cette tâche est au-dessus de nos forces. Les roches schisteuses sont tellement enchevêtrées dans les calcaires, qu'on ne peut en figurer la séparation absolue par des signes conventionnels ; ainsi le pointillé réservé aux argiles et aux schistes, indique les groupes principaux de ces roches, où peuvent néanmoins se trouver intercalés certains calcaires, tandis que le groupe désigné par le signe propre aux calcaires n'est pas exclusivement composé de ces derniers, et peut renfermer quelques schistes et quelques grauwackes.

RAPPORT

Sur les écrasements des tubes calorifères dans les chaudières cylindriques à haute pression.

Par M. W. MANÈS, ingénieur en chef des mines.

Conformément au désir exprimé par M. le sous-secrétaire d'État des travaux publics, dans sa lettre du 12 du courant, nous avons réuni et classé aussi régulièrement que possible, dans ce rapport, les divers documents que nous possédons sur les circonstances particulières que présentent les épreuves des chaudières tubulaires cylindriques.

L'écrasement des tubes en cuivre rouge lorsqu'ils sont pressés sur leur convexité est un phénomène qu'il est en effet important d'étudier, autant dans l'intérêt de la science que dans celui des fabricants de chaudières et des personnes qui en font usage.

On sait, quant à présent, c'est un fait acquis par l'expérience, quelles sont les conditions de la rupture ou du déchirement d'un tube pressé à l'intérieur, mais on n'a point encore précisé la résistance que peut offrir ce même tube pressé à l'extérieur. Nous souhaitons vivement que les renseignements que nous fournissons aujourd'hui à l'administration puissent contribuer, pour leur faible part, au succès des recherches dirigées dans ce but.

Ces renseignements se rapportent à trois appareils différents :

1° A une chaudière tubulaire verticale employée à terre dans un établissement public.

2° A un appareil du même système placé à bord d'un bateau à vapeur.

3° Aux chaudières tubulaires horizontales des bateaux à vapeur *les Eclairs* et *les Garonnes*.

Notes et renseignements.

Appareil de l'hospice.

Pl. IV, fig. 1 à 4.

Le 4 décembre dernier, nous fûmes appelé dans les ateliers de l'hospice civil pour faire, conformément aux réglements, l'épreuve d'une chaudière tubulaire du système Fol.

L'appareil se composait d'une enveloppe cylindrique, en tôle, de 4 mètres de longueur sur 1 mètre de diamètre, contenant à l'intérieur 42 tubes calorifères en cuivre rouge de 3m,50 de longueur sur 0m,06 de diamètre.

L'épaisseur de la tôle de l'enveloppe est de 9 millim., et l'épaisseur du cuivre des tubes de 0m,0015 (1 millim. 1/2).

Le corps de la chaudière placé dans la position verticale, reposait par un de ses bouts sur un fourneau en maçonnerie; c'est cette disposition particulière (la verticalité) qui caractérise le système Fol. Le reste ne diffère en aucun point des appareils tubulaires ordinaires.

Conformément à la pression maximum de 4 atmosphères dans la chaudière, la soupape d'épreuve fut chargée d'un poids correspondant à 9 atmosphères et on fit jouer la presse hydraulique.

La pression d'épreuve était à peu près acquise lorsqu'une forte détonation se fit entendre à l'intérieur de la chaudière. Il était évident pour nous qu'un tube venait de s'écraser, mais, comme il ne s'échappait pas une goutte d'eau à l'intérieur et qu'il était d'ailleurs très-difficile d'examiner les

tubes, on continua l'épreuve sur la demande du constructeur et elle fut achevée sans accident.

Au moment de l'épreuve la chaudière était neuve. Elle n'avait fonctionné que comme essai pendant quelques jours. Après l'épreuve elle fonctionna jusqu'au 11 janvier, jour où un accident d'une autre nature est venu rendre indispensable une grande réparation. Nous avons pu alors nous procurer un fragment (A) du tube écrasé dans l'épreuve du 4 décembre. C'est une portion prise au milieu de la longueur.

La section présente partout la forme d'un 8 aplati et la concavité se maintient jusque auprès des collets où le tube a conservé sa forme circulaire.

L'écrasement par la pression a dû nécessairement tendre à arracher les tubulures rivées sur les diaphragmes en faisant effort sur la longueur. Cependant, ce tirage longitudinal n'a produit aucun résultat. Les bagues des tubulures sont restées en place : de telle sorte qu'à la simple inspection il n'eût pas été possible de reconnaître si les tubes avaient souffert à l'intérieur.

L'accident arrivé le 11 janvier à la chaudière de l'Hospice fut occasionné par un manque d'eau dans l'appareil. (Il est très-essentiel d'établir ce fait, très-grave en lui-même, mais il n'est pas possible de le nier après l'examen des parties détériorées). Il s'ensuivit une grande perturbation dans la position verticale des tubes. Douze d'entre eux recevant plus particulièrement le contact ascensionnel de la flamme, furent violemment dilatés ; ils se courbèrent dans tous les sens sur leur longueur, et deux de ces tubes ont présenté des coupures horizontales. Le fragment (B), qui est figuré *Pl. IV*, porte l'une de ces coupures :

c'est la moins caractérisée; l'autre est conservée précieusement par le constructeur de la chaudière comme étant sa garantie contre les propriétaires de l'appareil, et pour prouver au besoin que le défaut d'alimentation, par incurie du chauffeur, sont les causes de l'accident dont nous venons d'indiquer les effets.

Après les réparations nécessitées par l'accident du 11 janvier, la chaudière de l'Hospice a été soumise à trois nouvelles épreuves, et ce n'est qu'à la troisième que l'appareil a satisfait aux conditions voulues. Pendant les deux autres nous avons eu à constater de nouveaux écrasements, mais ils n'offrent aucun sujet d'étude particulier; c'est toujours un aplatissement suivant les génératrices du cylindre sans rupture dans le métal, ni détérioration dans les extrémités. La section présente constamment la forme d'un 8 jusqu'auprès des diaphragmes où elle reste circulaire : telle est la portion (C) coupée à 0,10 de l'extrémité d'un des tubes écrasés dans les épreuves des 21 et 23 février.

Résumant les faits ci-dessus indiqués pour la chaudière tubulaire du système Fol qui est employée à l'Hospice, nous trouvons que, dans quatre épreuves successives, trois fois des tubes en cuivre rouge de $3^m,50$ de longueur sur 0,06 de diamètre et $0^m,0015$ d'épaisseur ont été aplatis sous une pression de huit à neuf atmosphères. Tous ont été écrasés sur le milieu de leur longueur, quelques-uns ne l'ont été que sur ce point qui paraît avoir cédé le premier.

Le métal des tubes aplatis ne présente aucun signe particulier qui puisse expliquer sa faiblesse. Le cuivre est de même qualité et ces tubes sont

tous exactement du même diamètre ; or le plus grand nombre a subi quatre épreuves successives dans l'espace de deux mois sans aucune altération ; il nous paraît donc difficile d'assigner, quant à présent, une cause bien précise aux faits signalés, mais il est permis de penser que la brasure a pu affaiblir la paroi du métal et contribuer à l'écrasement des tubes dont la résistance maximum ne s'éloignait pas assez de la pression d'épreuve.

Dans l'appareil tubulaire vertical placé à bord du bateau à vapeur *le Corsaire Noir*, naviguant entre Agen et Bordeaux, le diamètre de la chaudière est le même que dans celle de l'Hospice: Elle contient 45 tubes calorifères en cuivre rouge de $0^m,06$ de diamètre comme dans l'autre appareil, et porte la même épaisseur de métal $0^m,0015$. Cette chaudière ne diffère de la précédente que par la longueur des tubes qui n'ont ici que [illegible]$^m,70$ au lieu de $3^m,50$. Appareil du *Corsaire Noir*. *Pl. IV*, *fig.* 5 et 6.

Une épreuve faite à bord du *Corsaire Noir*, le 6 septembre dernier, a prouvé que l'appareil de ce bateau à vapeur résiste parfaitement à la pression de 15 atmosphères, tandis que l'appareil de l'Hospice ne supporte que difficilement 8 à 9 atmosphères, ainsi que nous l'avons vu plus haut.

Le 31 janvier dernier, c'est-à-dire après 5 mois de service, un des tubes calorifères du *Corsaire Noir* s'est déchiré en fonctionnant, dans sa partie supérieure, à quelques centimètres en contre-bas de la tubulure. Le tube lésé n'a point quitté son diaphragme ; il s'est ouvert sur $0^m,20$ de longueur à $0^m,005$ de la brasure, suivant la génératrice, et sans zig-zag. La paroi déchirée a été chassée vers l'intérieur du tube par la pression qui l'environnait, en formant un angle rentrant.

La partie détériorée n'était point plongée dans l'eau dont le niveau se trouve plus bas; elle était en contact avec la vapeur à l'extérieur, et avec la flamme à l'intérieur, c'est ce qui avait fait supposer d'abord qu'elle avait dû être brûlée. Il n'en était rien. Nous avons examiné le métal et nous l'avons trouvé parfaitement sain.

Remarquons en passant que dans ces sortes de chaudières verticales, l'eau n'occupant qu'une très-petite surface, peut baisser instantanément d'une grande quantité, et exposer une même longueur de tubes à l'action de la flamme. C'est un des défauts de ce système.

L'accident dont nous nous occupons a eu lieu pendant un arrêt, et nous estimons que la vapeur, qui acquiert légalement, en temps ordinaire, une pression de 6 atmosphères, a dû dépasser ce maximum et contribuer à la rupture du tube le plus faible. On sait que dans ces chaudières à grand développement de surface de chauffe, la production de vapeur se fait très-rapidement; de là surcroît de pression dans les arrêts.

La chaudière s'est vidée presque entièrement par la déchirure, en projetant l'eau et la vapeur dans l'intérieur du foyer. Le mécanicien et les chauffeurs ont eu peur, mais ils n'ont point été blessés. La rupture s'est faite en produisant une grande détonation : c'est d'ailleurs ce qui arrive toutes les fois que ces appareils ont subi des aplatissements.

C'est la première fois que nous avons à signaler une avarie de cette nature; mais c'est aussi la première chaudière dans laquelle les tubes ne sont pas complétement environnés d'eau; et, bien que le tube dont nous parlons n'ait point

été brûlé, nous n'hésitons pas à attribuer cet accident à la grande dilatation du cuivre non entouré d'eau et pressé par un excès de tension de vapeur.

Là se termine notre compte-rendu sur les avaries des tubes de la chaudière Fol. Tout ce qui nous reste à dire s'applique aux appareils placés depuis 1839 sur les bateaux à vapeur les *Éclairs* nos 1, 2, 3 et les *Garonnes* nos 1, 2, 3. Nous n'avons donc plus qu'à nous occuper de la citation des faits qui se sont produits pendant les essais. Ce que nous avons dit en commençant pour la chaudière de l'Hospice, rend notre tâche bien simple. En effet, sauf la position horizontale que les appareils des éclairs occupent dans les bateaux, au lieu de la position verticale qui constitue le système Fol, les chaudières sont construites sur le même principe, presque sur le même modèle. Donc rien de changé que le diamètre et le nombre des tubes, et, dans les deux cas, l'aplatissement a lieu de la même manière.

Appareils des *Éclairs* et des *Garonnes*.

Les premiers essais faits sur les Éclairs nos 1, 2, 3 remontent à l'année 1840. A cette époque le système de chaudières tubulaires était fort peu connu dans la Gironde, et l'on n'avait jamais pensé que l'épreuve des tubes calorifères dût être aussi désastreuse; aussi fut-on saisi d'étonnement lorsqu'à la première épreuve plusieurs tubes subirent le sort qui paraît leur être réservé depuis lors.

Pl. IV, fig. 7 à 15.

Le 1er écrasement ne présenta pas de circonstances plus remarquables que le dernier dont nous avons rendu compte; c'est le même effet sur des pièces d'un diamètre différent. Les sections étaient *semblables* aux échantillons que nous donnons aujourd'hui.

La paroi des tubes des Éclairs est de 0,003, c'est-à-dire 1 millim. 1/2 plus épaisse que celle des chaudières Fol. Le diamètre est de 15 à 17 cent. et la longueur 3 mètres.

Ce fut en vain qu'on recommença les épreuves après avoir remplacé les tubes avariés; elles ne réussirent pas mieux, et la Commission se trouvant en présence de ces résultats désastreux pour les compagnies propriétaires, toléra qu'on emplît les tubes de sable avant d'exercer la pression; ainsi disposés, les appareils résistèrent parfaitement. Quant aux enveloppes extérieures sur lesquelles la pression s'exerce du dedans au dehors, toutes les épreuves ont constaté qu'elles sont en parfait état, bien que l'épaisseur de la tôle soit un peu inférieure au chiffre donné par la formule: elle n'a que 11 millim. pour 1 mètre de diamètre et 6 atmosphères de pression.

Les chaudières des *Garonnes*, de même forme et de même construction que celles des *Eclairs*, payèrent leur tribut de la même manière. L'essai que nous avons fait à la fin de l'année dernière sur la Garonne n° 1, a amené l'écrasement de 3 tubes successivement; deux ont été écrasés complétement, le troisième vers son milieu seulement. Depuis lors on n'a point fait usage de ce bateau, sa chaudière a été laissée dans le même état et peut être considérée comme hors de service.

Il est toujours extrêmement difficile de conserver intacts les tubes qui ont été aplatis dans une chaudière; on est presque toujours obligé de les retirer par morceaux, parce que le diamètre écrasé, devenant plus grand que la tubulure, ne peut plus passer par le diaphragme.

Sur les *Éclairs* comme sur la *Garonne*, les

tubes ont été écrasés à 10 atmosphères de pression environ, c'est-à-dire au double de la pression effective, c'est ce qui nous a fait supposer que si la pression double était tolérée sur les chaudières de bateaux comme elle l'est sur les locomotives, il est presque certain que tous les tubes résisteraient.

Nous n'avons aucun fait à ajouter à ce que nous avons dit dans le courant du présent rapport sur l'écrasement des tubes, mais nous croyons devoir, en terminant, mettre en présence, dans deux tableaux distincts, les dimensions des tubes écrasés dans les diverses épreuves et ceux qui ont résisté à la triple pression : il sera peut-être possible de tirer quelques inductions de ce rapprochement.

Tableau indicatif des tubes en cuivre rouge écrasés par la pression du dehors au dedans pendant les épreuves à l'eau froide.

LIEU où les chaudières sont placées.	DATES des ÉPREUVES.	PRESSION sous laquelle ils ont cédé.	NOMBRE des tubes aplatis.	LONGUEUR.	DIAMÈTRE.	ÉPAISSEUR du métal.
Bateaux à vapeur.						
—		atm.		m.	m.	m.
Éclairs, nos 1, 2, 3.	1840.	10	3	3	0,15 à 0,17	0,003
Garonne, n° 1. .	déc. 1845.	10	3	3	0,15	0,003
A l'Hospice.	4 déc. 1845.	9	1	3,50	0,06	0,0015
A l'Hospice. . . .	21 févr. 1846.	12	1	3,50	0,06	0,0015
	23 févr. 1846.	9	1	3,50	0,06	0,0015

des chemins de fer, mais qu'on ne peut pas les obliger à remplacer des tubes en cuivre par des tubes en fer étiré ou en tôle.

L'ordonnance du 23 mai dit que les chaudières en tôle ou en cuivre supporteront la pression triple; si elles se soumettent à cette obligation, pourquoi leur imposerait-on telle ou telle nature de métal?

Ce serait, d'après les compagnies, une illégalité qui pourrait nuire à leurs intérêts et mettrait des entraves à la liberté de l'industrie.

Sans vouloir nous appesantir sur des plaintes qui n'ont encore rien d'officiel, puisqu'elles n'ont point été produites régulièrement, nous pensons que les compagnies pourront peut-être se soustraire à l'obligation d'employer du fer étiré ou de la tôle pour les tubes calorifères de leurs chaudières.

Pourquoi le cuivre rouge serait-il proscrit?

S'il ne résiste pas aux écrasements lorsqu'on l'emploie sur des tubes de trop grand diamètre et de trop grande portée par rapport à l'épaisseur de la paroi, nous avons des chaudières dans ce département qui fonctionnent depuis longtemps et qui ont toujours résisté aux épreuves.

Le fond de la question nous paraît donc reposer uniquement sur la pression triple à imposer. Que les compagnies emploient le cuivre ou la tôle pour remplir cette obligation, l'ordonnance le permet, et nous ne croyons pas que l'administration puisse s'y opposer. On pourra, par une ordonnance à intervenir, fixer, comme on l'a fait pour les appareils en tôle, un minimum d'épaisseur pour tel ou tel diamètre; mais jusque-là l'épreuve triple paraît être la seule exigence qu'on

puisse imposer aux compagnies relativement aux tubes calorifères.

Nous pensons d'ailleurs que c'est une question qui ne se reproduira pas dans l'avenir; les fabricants de chaudières ont appris par l'expérience qu'il faut donner au cuivre des épaisseurs plus considérables que celles qu'on avait employées en principe pour la résistance des triples pressions. Les appareils tubulaires qui se construisent aujourd'hui sous nos yeux offriront, nous l'espérons, toutes les garanties de solidité.

SUPPLÉMENT AU RAPPORT CI-DESSUS, en date du 20 juin 1846.

Le 1er juin 1846, pendant un arrêt à l'escale de Portets sur la Garonne, la chaudière tubulaire du système Fol, placée à bord du Corsaire Noir, a éprouvé une nouvelle avarie, consistant dans le déchirement d'un des tubes calorifères dans la partie supérieure non plongée dans l'eau.

La compagnie propriétaire redoutant avec raison les conséquences fâcheuses de ces accidents réitérés, a décidé que la chaudière du Corsaire Noir cesserait de fonctionner. Cette mesure est sage et prudente et rend inutiles les moyens d'ordre et de sûreté qu'il était du devoir de l'autorité de prescrire pour l'avenir.

Il est très-heureux que le déchirement des tubes n'ait produit jusqu'ici que l'extinction du feu; et que la projection d'eau bouillante, qui a eu lieu chaque fois, n'ait atteint personne dans le local de la machine. Il est vrai que les chauffeurs et le mécanicien n'y ont échappé la dernière fois

qu'en se sauvant précipitamment par toutes les ouvertures.

Il y a dans la chaudière du système Fol des avantages, inhérents à ses dimensions en hauteur et à sa forme verticale, qui dégénèrent en inconvénients très-grands aussitôt qu'on en généralise l'application. Ainsi, placé à terre, on peut donner à l'appareil une grande hauteur, 4 à 5 mètres par exemple, alors la surface de chauffe se développe très-avantageusement par l'ascension naturelle de la flamme; de là, économie de combustible et grande production de vapeur. Mais si on transporte ce même appareil sur un bateau, il devient nécessaire de réduire la hauteur à moins de 3 mètres, pour éviter l'élévation du centre de gravité de la coque et par suite l'instabilité, les oscillations, etc., et la chaudière perd ses avantages parce qu'elle a perdu sa hauteur. Ici les inconvénients commencent : il y a une partie de l'appareil au-dessus du niveau (60 centimètres environ) qui est toujours en contact avec la flamme; si la chaudière n'a que 3 mètres de hauteur le feu atteint aisément la partie supérieure des tubes, et se trouve assez intense pour les dilater violemment dans cette partie non baignée par l'eau. Là surviennent les déchirements du métal, les brûlures des tubes, etc.

Le mécanicien du Corsaire Noir avait cru pouvoir éviter ces inconvénients en plaçant des sortes d'entonnoirs en tôle dans l'intérieur et à l'extrémité des tubes comme un doublage artificiel destiné à les préserver du contact immédiat de la flamme. L'accident que nous venons de signaler a démontré suffisamment l'inefficacité de ce moyen.

On peut conclure de ce qui précède que l'application de la chaudière Fol sur les bateaux à vapeur de rivière n'offre pas d'avantages et n'est point sans danger; de ce côté elle est définitivement jugée par l'expérience. Son emploi à terre, dans les usines, peut seul offrir encore quelques chances de succès. Ce qui nous paraît essentiel pour la réussite de ce genre d'appareil, c'est que la tension de la vapeur ne dépasse pas trois ou quatre atmosphères; cette pression moyenne ne nécessitant pas un feu très-ardent, la dilatation des tubes est moins violente et les accidents ne sont plus à craindre. Ce qui confirme cette opinion, c'est l'emploi avantageux qu'on a fait à bord de dragues de rivière des chaudières du système Fol. En effet, quatre chaudières de ce genre furent construites à Bordeaux en 1843, et éprouvées par la presse hydraulique dans les ateliers de construction, pour être placées sur des dragues servant aux travaux des ponts et chaussées du département de Tarn-et-Garonne, et il résulte de renseignements recueillis par nous avec soin, qu'un seul de ces appareils a été réparé depuis trois ans qu'ils fonctionnent; aucun d'eux n'a éprouvé le moindre accident, à part la réparation dont nous venons de parler rendue nécessaire par un coup de feu reçu au foyer. Hâtons-nous de dire que ces chaudières fonctionnent presque toujours à une pression moyenne de deux à trois atmosphères seulement.

Cette expérience de plusieurs années toute en faveur de la chaudière Fol, appliquée aux dragues et travaillant à moyenne pression, a déterminé les ingénieurs des travaux de la Garonne à en faire usage sur une drague du haut de la rivière. On la construit en ce moment.

AVIS

de la Commission centrale des machines à vapeur.

La Commission centrale des machines à vapeur, dans sa séance du 3 avril 1846, a entendu la lecture de la notice adressée, le 7 mars 1846, à M. le sous-secrétaire d'État des travaux publics, par M. l'ingénieur en chef des mines, président de la Commission de surveillance des bateaux à vapeur de Bordeaux, concernant l'écrasement des tubes calorifères en cuivre rouge de plusieurs chaudières à vapeur, lors des épreuves par la pompe de pression.

Le secrétaire a lu ensuite le rapport suivant :

Rapport de M. Combes.

Il résulte des renseignements fournis par M. l'ingénieur en chef des mines Manès, président de la Commission de surveillance des bateaux à vapeur de Bordeaux, que les tubes cylindriques en cuivre rouge brasés à la soudure forte, résistent très-mal à une pression exercée sur leur convexité, tendant à les écraser, et s'aplatissent souvent, sans se déchirer, sous une pression bien inférieure à celle qui déterminerait la rupture de ces tubes, si elle s'exerçait sur leur concavité et du dedans vers le dehors. Ainsi, dans la chaudière de l'hospice, à trois reprises, un des tubes en cuivre rouge de 3^m,50 de longueur, 0^m,06 de diamètre intérieur, et 0^m,0015 d'épaisseur, s'est aplati sous des pressions d'épreuve de 9 à 12 atmosphères. Or, en admettant que la ténacité absolue du cuivre rouge en feuilles soit seulement de 20 kilog. par millimètre carré (les diverses expériences pu-

bliées donnent pour cette ténacité des valeurs comprises entre 21 kilog. et 23 kilog. par millimètre carré), on trouve que le tube pressé de dedans en dehors ne se serait déchiré que sous une pression de 96 atmosphères.

Plusieurs tubes des chaudières des bateaux les *Éclairs* et les *Garonnes* de 3 mètres de longueur, 15 centimètres de diamètre, et 3 millimètres d'épaisseur se sont aplatis sous des pressions d'épreuve de 10 atmosphères. Pressés de dedans en dehors, ils n'auraient dû se déchirer que sous une pression de 77 atmosphères.

D'un autre côté, les accidents arrivés à la chaudière de l'hospice de Bordeaux, le 11 janvier dernier, et le 31 du même mois, à la chaudière du bateau à vapeur le Corsaire Noir, mettent en évidence les inconvénients que présentent à l'usage les tubes calorifères en cuivre. Ces accidents montrent en effet que si le niveau de l'eau vient à s'abaisser accidentellement au-dessous d'une partie des tubes dans lesquels circulent les gaz chauds résultant de la combustion, ces tubes sont sujets à des déchirures ou ruptures occasionnées soit par l'altération prompte du cuivre rouge exposé à l'action des gaz chauds, soit par la dilatation qu'il éprouve et qui dépasse de beaucoup celle du fer (1).

Les tubes en fer étiré ou en tôle de fer résistent beaucoup mieux que les tubes en cuivre à l'aplatissement sous une pression tendant à les écraser, ainsi que le montrent quelques expériences, et qu'on devait l'attendre du degré plus grand

(1) Les dilatations linéaires du cuivre et du fer sont, d'après les expériences de Dulong et Petit, pour des accroissements égaux de température dans le rapport de 172 à 118.

de roideur et de dureté du fer. Notre collègue, M. Mary, a fait, à cet égard, comme membre d'une commission chargée de donner son avis, sur le tubage du puits foré de l'abattoir de Grenelle, à la suite de l'aplatissement du tube ascensionnel en cuivre qui y avait été descendu, les expériences suivantes qu'il a bien voulu me communiquer.

Un tube en tôle de fer de $0^m,135$ de diamètre intérieur, $0^m,005$ d'épaisseur et d'une longueur de 8 mètres a été placé dans l'intérieur d'un autre tube de $0^m,175$ de diamètre; dans l'intervalle annulaire compris entre les deux tubes et fermé à ses extrémités par des disques en tôle, on a foulé de l'eau à l'aide d'une pompe de pression : une soupape d'épreuve adoptée au tube extérieur a été chargée de poids croissants dans les essais successifs, de manière à ce que les accroissements de charge correspondissent à une pression de 5 atmosphères. La pression d'épreuve a été portée ainsi jusqu'à 65 atmosphères, sans que le tube intérieur éprouvât aucun dommage, et sans que rien indiquât une altération quelconque du système. Lorsqu'on a voulu porter la pression d'épreuve jusqu'à 70 atmosphères, le tuyau en plomb qui amenait l'eau de la pompe foulante s'est rompu, ce qui a empêché de pousser l'expérience plus loin.

Un tuyau en cuivre de 3 millimètres d'épaisseur et $0^m,216$ de diamètre a été placé de la même manière dans l'intérieur d'un tuyau en tôle de $0^m,25$ de diamètre, et munie d'une soupape d'épreuve, que l'on a d'abord chargée d'un poids correspondant à une pression de 5 atmosphères. Sous cette pression, on a reconnu que le tube en cuivre se déformait déjà et présentait sur un de ses points une dépression marquée. On a aug-

menté la charge jusqu'à 10 atmosphères : mais avant que cette pression fût atteinte ; le tuyau intérieur s'est aplati en prenant la forme d'un 8. Les résultats de cette dernière expérience sont analogues à ceux des épreuves des chaudières de l'hospice de Bordeaux et des bateaux à vapeur les *Éclairs* et les *Garonnes*. Le tube en cuivre de 216 millimètres de diamètre et de 3 millimètres d'épaisseur, s'il eût été soumis à une pression intérieure, se serait déchiré, en supposant au métal une ténacité absolue de 20 kilog. par millim. carré, sous une pression de 53 à 54 atmosphères. Il a cédé sous une pression de moins de 10 atmosphères exercée de dehors en dedans.

La première expérience de M. Mary nous montre un tube en tôle de 0^{m},135 de diamètre. et 0^{m},005 d'épaisseur résistant parfaitement à une pression de 65 atmosphères dirigée de l'extérieur vers l'intérieur. En supposant à la tôle une ténacité absolue de 36 kilog. au millimètre carré, le même tube aurait cédé à une pression intérieure de 259 à 260 atmosphères. La pression à laquelle ce tube a été soumis, sans qu'il commençât à s'aplatir, a donc été poussée jusqu'au quart de la pression à laquelle il aurait dû céder, si cette pression s'était exercée de l'intérieur vers l'extérieur. Le tube en cuivre, au contraire, a été tout à fait aplati sous une pression qui n'était pas encore 1/5 de celle à laquelle il aurait probablement cédé, si elle se fût exercée de l'intérieur vers l'extérieur, et de plus la déformation de ce tube était déjà apparente sous une pression qui n'atteignait pas 1/10 de cette dernière (1).

(1) Plusieurs constructeurs de Paris, et entre autres M. Beslay exécutent dans leurs ateliers des chaudières à tubes calorifères en tôle douce. Ces tubes sont verticaux,

Il semble résulter des essais faits à Bordeaux et des expériences précédemment citées non seulement que les tubes en fer supportent toutes choses égales d'ailleurs, des pressions tendantes à les aplatir, bien plus fortes que les tubes en cuivre, ce qui était évident, d'après les ténacités respectives du cuivre et du fer; mais encore que le rapport de la résistance à l'aplatissement, à la résistance, à la rupture par extension, serait beaucoup moindre pour les tubes en cuivre que pour les tubes en fer.

Toutefois ces inductions auraient un degré bien plus grand de probabilité, si les expériences eussent porté sur des tubes en fer et en cuivre de même épaisseur et de même diamètre, ce qui n'a pas eu lieu.

Quant aux inconvénients résultant de la rapide destruction des tubes en cuivre sous l'action des gaz résultants de la combustion et de la dilatabilité du cuivre, ils sont démontrés jusqu'à l'évidence par les accidents arrivés a la chaudière de l'hospice de Bordeaux et à celle du Corsaire Noir rapportés dans la notice de M. Manès.

L'expérience a aussi démontré aux constructeurs anglais les inconvénients des tubes calorifères en cuivre, à l'usage desquels ils ont tout à fait renoncé depuis longtemps. Je citerai à ce sujet le passage d'un mémoire de M. Gervaize sous-ingénieur de la marine, qui fut chargé par

---

cloués ou fixés par des boulons aux deux fonds plats supérieur et inférieur de la chaudière. Ils ont de $0^m,11$ à $0^m,12$ de diamètre intérieur et $1^m,10$ à $1^m,20$ de longueur. L'épaisseur de la tôle est de 5 millimètres.

Ces chaudières sont soumises à une pression d'épreuve *effective* de 12 à 15 atmosphères à laquelle les tubes calorifères ont toujours parfaitement résisté.

M. le ministre de ce département d'aller étudier les chaudières tubulaires en Angleterre et aux États-Unis. Ce mémoire, sorti des presses de l'imprimerie royale, n'a point encore été livré au public. Je dois l'exemplaire que je mets sous les yeux de la Commission à l'obligeance de M. l'ingénieur de la marine, Kerris.

(*Extrait d'un mémoire de M. Gervaise sous-ingénieur de la marine sur les chaudières tubulaires.*)

DU MÉRITE COMPARATIF DE L'EMPLOI DU CUIVRE OU DU FER POUR LA COMPOSITION DES TUBES.

« Par suite d'un abaissement, quelquefois considérable, du niveau de l'eau, causé par une » négligence, et auquel sont exposées les chaudières tubulaires plus que toutes les autres, il » peut arriver qu'une partie plus ou moins grande » des tubes supérieurs reste entourée seulement » de vapeur; ainsi soumis à une action énergique » d'une chaleur rouge, ces tubes sont travaillés » par des effets violents de dilatation, auxquels le » cuivre, facile à brûler, résiste peu longtemps.

» Ainsi, en 1844, à bord du Prométhée, des » chaudières toutes neuves ayant les tubes en cuivre, furent promptement avariées, et cela d'une » manière effrayante, dans un abaissement du » niveau de l'eau au-dessous des tubes.

» De plus, les tubes de cuivre, au contact du » fer et au milieu de l'eau salée de la mer, donnent » naissance à une action galvanique très-sensible. » M. Ravenhill, associé de Miller, qui, jusqu'à » ces derniers temps, avait employé les tubes en » cuivre, m'a rapporté qu'une action corrosive, » due au phénomène galvanique, s'était manifes-

» tée dans les parties des faces latérales des chau-
» dières où aboutissent les tirants transversaux
» qui passent au-dessus des foyers. En ces en-
» droits la tôle de l'enveloppe a subi une pro-
» fonde altération; transformée en une matière
» tendre comme la mine de plomb, elle est rayée
» par l'ongle, et elle se laisse couper au couteau.

» Pour balancer ces inconvénients majeurs, je
» ne vois que deux avantages, tout à fait secon-
» daires, attachés à l'emploi du cuivre : le pre-
» mier, dû à la faculté conductrice de la chaleur,
» beaucoup plus grande que celle du fer; le
» deuxième, dû à la propriété dont paraît jouir
» ce métal, de rendre difficile l'adhérence des sels
» à la surface.

» Les tubes en fer, au contraire, souffrent beau-
» coup moins des suites d'un abaissement du ni-
» veau de l'eau; ils paraissent même pouvoir
» rester longtemps soumis à l'influence directe
» d'une chaleur rouge, sans être sensiblement en-
» dommagés. A l'appui de cette assertion, je ci-
» terai un fait remarquable.

» Deux fois, sur un steamer de Glascow, les
» robinets d'évacuation ayant été tenus ouverts
» par un accident involontaire, les chaudières fu-
» rent entièrement vidées, elles devinrent rouges,
» au point de mettre le feu à la coque du navire,
» et les foyers furent entièrement endommagés.
» Quant aux tubes en fer, ils n'accusèrent aucune
» trace de dégâts.

De la longue durée des tubes en fer.

» Enfin, un dernier résultat tout à l'avantage
» des tubes en fer et qui paraît bien établi, c'est
» la durée de ces tubes, comparée à celle des tu-

» bes en cuivre. On prolonge difficilement au delà
» d'une couple d'années l'emploi de ces derniers,
» si sensibles à l'action du feu.

» J'ai acquis le fait de tubes en fer employés à
» un service actif de quatre années sur une chau-
» dière d'un steamer, et qui, après la démolition
» de cet appareil, furent replacés dans une chau-
» dière de bateau de rivière; à la mise hors de ser-
» vice de cette dernière, ils se trouvaient en très-
» bon état, et ils n'avaient demandé aucune répa-
» ration.

» L'exposition de ces faits ne doit plus laisser la
» moindre incertitude sur le mérite comparatif
» des deux natures de tubes. En Angleterre, l'ex-
» périence ayant prononcé contre l'emploi du cui-
» vre, tous les fabricants ont adopté les tubes en fer.

Du prix des tubes en fer.

» Il existe en Angleterre trois manufactures
» qui livrent à l'industrie les tubes en fer néces-
» saires à la consommation. En ce moment les
» demandes de cette matière première sont si
» nombreuses, que ces trois grands établissements
» ont peine à satisfaire aux commandes.

» Je vais donner les prix courants de ces trois
» maisons, en commençant par celle de MM. Rus-
» sell, qui a la réputation de livrer des tubes d'une
» qualité très-supérieure, et qui, comme on va le
» voir, fait payer sa marchandise en conséquence.

» Jusqu'à ce moment, ces messieurs n'ont
» point fabriqué de tubes d'un diamètre supérieur
» à 3 ou 3 1/4 pouces anglais, mais dans quelques
» temps, ils seront outillés pour donner des dia-
» mètres plus considérables. Toutes les mesures
» que je vais donner sont anglaises, ainsi que les
» prix, qui sont exprimés en schillings et pences.

James Russell and sons. — Wednesbury Staffordshire, near Birmingham.

Nouveaux tubes soudés à recouvrement, patentés, pour chaudières de bateaux (1).

	Inches.	Centim.	Inches.	Centim.	Inches.	Centim.	Inches.	Centim.	Inches.	Centim.	Inches.	Centim.	Inches.	Centim.	Inches.	Centim.
Diamètre extérieur.	2 1/2	6,35	2 3/4	6,99	3	7,62	3 1/4	8,25	3 1/8	8,89	4	10,16	4 1/4	10,80	4 1/2	11,43
Épaisseur du fer.	1/12	0,21	1/12	0,21	1/12	0,21	1/12	0,21	»	»	»	»	»	»	»	»
Prix nets (par pied anglais) [0m,3047].	s. d. 2 0	fr. 2,52	s. d. 2 2	fr. 2,73	s. d. 2 4	fr. 2,94	s. d. 2 10	fr. 3,57	s. d. 3 6	fr. 4,41	s. d. 4 0	fr. 5,04	s. d. 4 6	fr. 5,67	s. d. 5 0	fr. 6,30

Idem pour chaudières de locomotives.

	Inches.	Centim.	Inches.	Centim.	Inches.	Centim.	Inches.	Centim.	Inches.	Centim.	Inches.	Centim.
Diamètre extérieur.	1 5/8	4,13	1 3/4	4,44	1 7/8	4,76	2	5,08	1 1/8	5,40	2 1/4	5,72
Prix nets par pied anglais (0m,3047).	s. d. 1 0	fr. 1,26	s. d. 1 1	fr. 1,37	s. d. 1 2	fr. 1,47	s. d. 1 4	fr. 1,68	s. d. 1 8	fr. 1,89	s. d. 1 10	fr. 2,31

Livrés à Londres. — Longueur des tubes 3m,047.

(1) J'ai placé à côté des mesures anglaises les mesures correspondantes en mesures et monnaies de France. Ch. C.

The patent Welded iron tubes company. — Cambridge street, — Birmingham.

Tubes en fer soudés à recouvrement, patentés, pour chaudières de locomotives et de bateaux à vapeur.

	Inches.	Centim.	Inches.	Centim.	Inches.	Centim.	Inches.	Centim.	Inches.	Centim.	Inches.	Centim.	Inches.	Centim.	Inches.	Centim.
Diamètre extérieur.	1 3/4	4,44	2	5,08	2 1/4	5,72	2 1/2	6,35	2 3/4	6,99	3	7,62	3 1/4	8,25	4	10,16
Prix nets.	s. d. 1 0	fr. 1,26	s. d. 1 2	fr. 1,47	s. d. 1 4	fr. 1,68	s. d. 1 6	fr. 1,89	s. d. 1 8	fr. 2,10	s. d. 1 10	fr. 2,31	s. d. 2 8	fr. 3,36	s. d. 4 0	fr. 5,4

Robinson and Baker. — Caledonian tube Works Coatbridge, near Glascow, Scotland.

Tubes pour Chaudières.

	Inches.	Centim.	Inches.	Centim.	Inches.	Centim.	Inches.	Centim.	Inches.	Centim.	Inches.	Centim.	Inches.	Centim.	Inches.	Centim.
Diamètre extérieur.	2 1/2	6,35	2 3/4	6,99	3	7,62	3 1/4	8,25	3 1/2	8,89	4	10,16	4 1/2	11,43	5	12,70
Prix nets par pied anglais.	s. d. 1 5 1/2	fr. 1,84	s d. 1 7	fr. 1,99	s. d. 1 9	fr. 2,20	s. d. 1 11	fr. 2,41	s. d. 2 1/2	fr. 2,57	s. d. 2 4	fr. 2,94	s. d. 2 7 1/2	fr. 3,31	s. d. 2 11	fr. 3,68

Un mémoire de M. l'ingénieur de la marine, Sochet, imprimé dans le même volume que celui de M. Gervaize, témoigne aussi de l'abandon presque général, en Angleterre, des tubes calorifères en cuivre ou en laiton pour les chaudières de bateaux.

Une maison de Paris vient d'établir une fabrication de tubes en fer soudés à recouvrement et étirés, d'après les procédés anglais, dans une usine située à La Chapelle. Je mets sous les yeux de la commission un échantillon de cette fabrique qui donne tout lieu d'espérer de bons résultats. C'est un tronçon de tube en fer, de 0m,08 de diamètre extérieur et de 3 millimètres d'épaisseur, qui est parfaitement soudé.

La notice de M. Manès et les faits observés en Angleterre par MM. les ingénieurs de la marine royale Sochet et Gervaize, ne laisseront, je pense, subsister aucun doute sur la convenance qu'il y aurait à faire usage de tubes en fer étirés, de préférence aux tubes en cuivre rouge, pour la construction des chaudières de bateaux, toutes les fois que les tubes calorifères devront avoir 6 centimètres, ou plus, de diamètre intérieur. Quant à la question de savoir si l'administration pourra obliger les armateurs des bateaux les *Garonnes* et les *Eclairs* à remplacer contre leur volonté, les tubes en cuivre de leurs chaudières par des tubes en fer étirés, il est incontestable que l'administration aurait le droit d'agir ainsi, aux termes des règlements, s'il paraissait résulter des faits observés que l'usage des tubes en cuivre présente des dangers graves pour la sûreté des passagers, et même des hommes de l'équipage. Ce droit résulte avec évidence du

3° de l'art. 5 de l'ordonnance royale du 23 mai 1843, ainsi conçu :

« La commission examinera, etc.

» 3° Si la chaudière, en raison de sa forme, du » mode de jonction de ses diverses parties, *ou la* » *nature des matériaux avec lesquels elle est* » *construite*, ne présente aucune cause particulière » de danger. »

Les articles 8 et 12 de la même ordonnance sont corrélatifs à l'art. 5. Or, les expériences faites à Bordeaux par la commission de surveillance, et à Paris par M. Mary, nous montrent des tubes en cuivre aplatis ou commençant à se déformer sous une pression extérieure inférieure à 1/10 de la pression qui aurait déchiré ces tubes remplis d'eau et pressés du dedans en dehors, la tenacité absolue du métal étant supposée de 20 kilog. par millimètre carré de la section. D'ailleurs, il est certain que les tubes en cuivre, lors d'un abaissement accidentel du niveau de l'eau, sont altérés plus facilement, par l'action des gaz résultant de la combustion, que les tubes en fer, et que leur plus grande dilatabilité par la chaleur donne lieu à d'autres causes de rupture. Bien que les accidents qui ont eu lieu à l'hospice civil de Bordeaux et à bord du Corsaire-Noir n'aient pas eu de suites fâcheuses, il y a là une cause grave de danger, dans des chaudières timbrées à 6 atmosphères et dont les tubes ont jusqu'à 15 et 17 centimètres de diamètre. L'administration doit donc prescrire, dans le but de prévenir des accidents de ce genre, toutes les mesures dont l'utilité est indiquée par l'expérience, l'analogie et les notions acquises sur la résistance des matériaux. En premier lieu, la

garantie de solidité que fournit l'épreuve *légale* sous une pression triple de la pression effective correspondante au numéro du timbre devra être exigée à l'avenir pour toutes les chaudières de bateaux. Les armateurs des *Eclairs* et des *Garonnes* ne font pas d'objection sur ce point ; mais d'un autre côté, la pression d'épreuve peut elle-même énerver le métal ou déformer les parois, si celles-ci n'ont pas une épaisseur suffisante, ou ne sont pas consolidées par des armatures convenables. Si donc les propriétaires des bateaux les *Eclairs* et les *Garonnes* veulent absolument conserver l'usage des tubes en cuivre rouge, il y aura lieu de déterminer l'épaisseur qu'il faudra donner à ces tubes eu égard à leur diamètre et au numéro du timbre de la chaudière, pour qu'ils offrent autant de garanties de solidité que les chaudières ordinaires de forme cylindrique en tôle, auxquelles s'appliquent la table et la formule des épaisseurs annexées à l'ordonnance royale du 23 mai 1843.

S'il s'agissait de fixer cette épaisseur, on reconnaîtrait tout d'abord qu'elle devrait être très-supérieure à 3 millimètres. Il faudrait avoir égard à ce que la ténacité absolue du cuivre n'est que les $\frac{20}{36}$ = $\frac{5}{9}$ de celle du fer, et au fait que l'aplatissement ou la déformation des tubes en cuivre a eu fréquemment lieu sous une pression égale à 1/10 seulement de celle qui aurait déterminé la déchirure, si le tube cylindrique à base circulaire eût été rempli d'eau et pressé du dedans en dehors. Cela conduirait à une augmentation d'épaisseur qui serait onéreuse par suite de la cherté du cuivre, et qui ferait disparaître le seul avantage que paraissent posséder les parois en cuivre, celui

d'être plus conductrices, plus facilement perméables à la chaleur (1).

L'insuffisance d'épaisseur des tubes en cuivre rouge employés par les constructeurs de Bordeaux, ressort d'ailleurs avec évidence de la seule comparaison de ces tubes avec ceux des chaudières de machines locomotives. Ceux-ci sont en laiton, ils ont au plus 5 centimètres de diamètre extérieur, et une épaisseur de 3 millimètres, ce qui réduit leur diamètre intérieur à 44 millimètres. Le laiton est plus dur que le cuivre rouge et résiste

---

(1) Voici comment on pourrait assez rationnellement déterminer l'épaisseur à donner aux parois des tubes en cuivre, pour qu'ils offrissent, lors de l'épreuve légale, un excès de résistance à l'aplatissement égal, à l'excès de résistance à la rupture par extension qu'offrent les chaudières en tôle de forme cylindrique remplies d'eau. L'épaisseur de celles-ci est donnée par la formule $e = 1{,}8\, d\,(n-1) + 3$. Pour de petits diamètres, il convient de supprimer l'épaisseur constante de 3 millimètres et de prendre simplement $e = 1,\, 8\, d\ (n-1)$. Les parois de la chaudière en tôle d'une épaisseur $e = 1,\, 8\ d\ (n-1)$ supportent, lors de l'épreuve sous la pression triple, une tension de 8^{kilo},60 par millimètre carré. C'est un peu moins du quart de la ténacité absolue de la tôle. La ténacité absolue du cuivre rouge étant de 20^k par millimètre carré, un bouilleur en cuivre rempli d'eau céderait à l'épreuve sous la pression triple, si son épaisseur n'était pas supérieure à celle qui est donnée par l'équation $2\, e \times 20 = 3\,(n-1) \times 10\, d \times 1^k{,}033$ où $e = 0{,}775\,(n-1)\, d$.

Or, il paraît qu'un tube en cuivre peut être aplati, ou du moins déformé par une pression extérieure, égale à 1/10 de celle qui déterminerait la rupture de ce tube, s'il était plein d'eau et pressé intérieurement; d'où on conclura qu'un tube en cuivre pourra être aplati ou déformé par une pression d'épreuve triple, si son épaisseur n'est pas supérieure au décuple de l'expression précédemment calculée, c'est-à-dire à $7,\ 75\ (n-1)\ d$, d

mieux à l'écrasement. Mais en admettant même l'égalité sous ce rapport, il faudrait au moins que l'épaisseur des tubes fût augmentée, toutes choses égales d'ailleurs, proportionnellement à leur diamètre extérieur : les chaudières des bateaux les *Eclairs* et les *Garonnes* étant timbrées à 6 atmosphères, comme le sont celles des machines locomotives, le principe posé ci-dessus d'une augmentation d'épaisseur proportionnelle au diamètre, conduirait à donner aux parois des tubes en

---

désignant ici le diamètre extérieur du tube. Il convient maintenant de quadrupler cette dernière expression pour que le tube offre, lors de l'épreuve, un excès de résistance à l'aplatissement égal à l'excès de résistance à la rupture des chaudières en tôle. On serait ainsi conduit à calculer l'épaisseur à donner aux tubes calorifères en cuivre par la formule $e = 31\ (n-1)\ d$, dans laquelle n est le numéro du timbre, d le diamètre extérieur exprimé en mètres, et e l'épaisseur exprimée en millimètres. Pour des tubes calorifères de $0^m,15$ de diamètre extérieur appliqués à des chaudières portant le timbre 6, on aurait $d = 0^m,15$, $(n-1) = 5$, $e = 31 \times 5 \times 0,15 = 23^{\text{millim.}},25$.

Les résultats même des épreuves faites à Bordeaux conduiraient à une épaisseur moindre, mais encore très-forte. Dans ces épreuves, en effet, plusieurs des tubes de 3 mill. ont cédé sous une pression de 10 atmosphères. Si leur épaisseur eût été augmentée de moitié, c'est-à-dire portée à 4 millim. 1/2 le diamètre extérieur restant le même, ils n'eussent probablement cédé que sous une pression de 15 atmosphères, c'est-à-dire sous la pression d'épreuve légale. Mais pour obtenir le même excès de résistance qu'offrent les chaudières de forme cylindique ordinaire remplies d'eau, il faut quadrupler l'épaisseur pour laquelle la pression d'épreuve peut aplatir les tubes; cela conduit à donner aux parois de ceux-ci une épaisseur de $4 \times 4\ 1/2 = 18$ millimètres, le diamètre extérieur restant le même, et le diamètre intérieur étant par conséquent diminué de deux fois l'augmentation d'épaisseur, c'est-à-dire de 3 centimètres.

cuivre rouge de 15 centimètres de diamètre extérieur, une épaisseur triple de celle que l'on donne aux tubes des locomotives, c'est-à-dire une épaisseur de 9 millimètres, ce qui réduirait le diamètre intérieur de ces tubes à 13 cent. 2; pour un diamètre intérieur de 15 millimètres, l'épaisseur devrait être égale à $3 + \frac{150}{44} = 10^{mill.},2$; telle serait sans doute la moindre épaisseur que l'on aurait dû donner et que l'administration pourrait tolérer à l'avenir, si les tubes en cuivre rouge continuaient à être employés pour les chaudières des bateaux à vapeur les *Éclairs* et les *Garonnes*.

Mais, ainsi que l'observe M. le président de la commission de surveillance de Bordeaux, la question de savoir à quelles conditions l'usage de ces tubes pourra être conservé, après l'expiration du délai d'un an accordé aux propriétaires de ces bateaux, ne doit pas être résolue immédiatement. Espérons que, mieux éclairés, ces propriétaires se décideront à suivre l'exemple des constructeurs anglais et de plusieurs constructeurs français, qui déjà emploient exclusivement les tubes en fer étiré et soudé à recouvrement. Si, contre notre attente, la fabrication de ces tubes ne prenait pas en France un développement suffisant pour les besoins de nos fabricants de chaudières tubulaires, il conviendrait sans doute d'admettre en franchise ou avec modération de droits, les tubes importés d'Angleterre. Quant à présent, il me paraît utile de publier les renseignements contenus dans la notice de M. Manès. Il serait nécessaire toutefois, pour l'intelligence des faits, qu'un dessin des chaudières tubulaires soumises aux épreuves fût joint à cette notice.

Si la commission approuve les réflexions conte-

nues dans le présent rapport, il pourrait être également utile de le publier à la suite de la notice de M. Manès. En tous cas, l'avis de la commission devrait être transmis à M. le préfet de la Gironde, avec invitation d'en faire connaître le contenu à la commission de surveillance de Bordeaux, ainsi qu'aux armateurs des bateaux les *Eclairs* et les *Garonnes* et aux constructeurs de chaudières tubulaires.

J'estime en conséquence qu'il y a lieu de la part de M. le sous-secrétaire d'Etat des travaux publics,

1° D'adresser des remercîments à M. Manès, pour les renseignements qu'il a fournis à l'administration;

2° D'ordonner l'impression dans les *Annales des Mines*, de la notice de M. Manès et des dessins qu'enverra cet ingénieur en chef, de faire imprimer à la suite de cette notice, le présent rapport en entier ou par extrait.

3° D'adresser copie du présent rapport et de l'avis de la commission à M. le préfet de la Gironde, avec invitation de les communiquer à la commission de surveillance des bateaux à vapeur de Bordeaux, aux propriétaires des bateaux à vapeur les *Eclairs* et les *Garonnes*, ainsi qu'aux constructeurs de chaudières tubulaires.

L'ingénieur en chef des mines,
secrétaire de la commission, rapporteur,
CH. COMBES.

La Commission, après en avoir délibéré, approuve les considérations développées dans le rapport, et en adopte les conclusions.

L'inspecteur général des mines, président de la commission,
L. CORDIER.

L'ingénieur en chef des mines, secrétaire,
CH. COMBES.

RAPPORT

Sur l'explosion d'une chaudière à vapeur. — Mines de la Taupe, 14 mai 1846. — Bassin houiller de Brassac;

Par M. JUSSERAUD, garde-mines.

Le 14 mai 1846, à six heures du soir, j'ai été prévenu qu'une des chaudières servant à la machine d'extraction du puits de la Taupe, situé dans la concession dite de la Taupe Grignes et Arrest, commune de Vergonghon, canton d'Auzon, arrondissement de Brioude, département de la Haute-Loire, appartenant à la Société des houillères de la haute Loire, venait de faire explosion et avait occasionné des blessures au machiniste.

Je me suis transporté immédiatement sur les lieux pour étudier les causes et les effets de cet accident. J'ai levé le plan de la localité, j'ai pris tous les renseignements possibles, j'ai reçu la déclaration du machiniste blessé, d'où il résulte ce qui suit :

La machine établie pour l'extraction de la houille, sur le puits de la Taupe, fonctionne depuis le mois d'octobre; elle a été construire à Seraing (Belgique), dans les ateliers de M. John Cockerill, et porte sur le cylindre une plaque en cuivre où est inscrit : John Cockerill, 20 *chevaux*, ce qui correspond à vingt-cinq chevaux de France, le cheval vapeur belge étant de 100 kilog.

Cette machine est à haute pression, sans condenseur, ni détente, à cylindre vertical. Construite en Belgique, elle n'est munie d'aucun signe

qui indique à combien d'atmosphères de pression la vapeur doit fonctionner.

Ainsi qu'on le voit sur la *Pl. V, fig.* 1, cette machine est desservie par deux chaudières en tôle, cylindriques, à calottes hémisphériques, munies chacune de deux soupapes de sûreté, l'une à levier et l'autre à poids direct, et d'un flotteur ordinaire; des ouvertures étaient disposées pour recevoir des rondelles fusibles, mais il n'y en a jamais existé, et des plaques de tôle les avaient constamment remplacées. Un manomètre à air libre donnait la tension de la vapeur dans chacune des chaudières qui étaient installées sur des fourneaux ordinaires; la flamme léchait toute la partie inférieure, circulait ensuite autour de l'appareil dans un carneau horizontal et passait de là dans la cheminée.

Les chaudières n'avaient pas été changées depuis leur mise en train en 1839.

Depuis 1840 jusqu'au commencement de 1844, la machine dont il est ici question servit à une extraction de houille assez considérable; les chaudières étaient alimentées par de l'eau pluviale, de l'eau de source et quelquefois de l'eau de la mine; et vers la fin de 1843, elles étaient déjà en mauvais état et souvent en réparation.

Une suspension de travaux eut lieu du mois de mars 1844, au mois d'avril 1845. La mine passa des mains de MM. Brown Agassiz et Cie dans celles de la société des houillères de la haute Loire, possédant déjà deux concessions dans le bassin de Brassac, et depuis avril 1845 jusqu'en mars dernier, les travaux d'extraction ont marché d'une manière uniforme, n'étant interrompus que pour les réparations de plus en plus nombreuses à faire aux chaudières qui, dans les derniers temps ne

pouvaient pas fonctionner plus de quatre ou cinq jours sans éprouver des fuites ou des crevasses considérables, nécessitant la réparation des joints ou l'application des feuilles de tôle.

Les précédents exploitants étaient bien convaincus de la nécessité de renouveler les chaudières; mais ils ne voulurent pas en faire la dépense au moment où la concession allait se vendre, et la nouvelle société était si bien pénétrée de l'urgence du remplacement des chaudières, que grâce aux sollicitations de M. Promper, directeur des travaux, le gérant, M. Collomb, en commanda une en septembre dernier dans les ateliers d'Imphy (Nièvre); mais, soit que la commande n'eût pas été faite d'une manière assez pressante, soit qu'une grande négligence ait été apportée à la confection, la chaudière n'est arrivée qu'à la fin du mois d'avril.

Le directeur des travaux, en l'absence du gérant, dans la crainte d'un accident, avait suspendu depuis deux mois les travaux d'extraction, avait fait quelques réparations à la machine et réparait aussi la mine de manière à pouvoir y laisser sans danger monter les eaux pendant le temps nécessaire au placement de la nouvelle chaudière, tant de chômage forcé parce qu'on devait aussi réparer la toiture et les maçonneries des bâtiments. La machine ne faisait donc qu'un faible service, ne tirait que 300 à 350 hectolitres d'eau environ par vingt-quatre heures, et tout était disposé pour éteindre le feu le 15 mai, lorsque le 14, sur les deux heures du soir, au moment où deux ouvriers, le maître mineur et un boiseur allaient remonter de la mine, dans un moment de repos de la machine, la chaudière qui fonctionnait seule et qui

était situé du côté du nord en A (*Voy*. le plan *fig*. 1.), a éclaté avec un bruit épouvantable, entendu par les deux ouvriers du fond du puits; plusieurs autres qui se trouvaient au jour sur le bord des puits d'extraction, furent enveloppés de poussière, de débris de toutes sortes, et n'ont éprouvé aucun mal; le machiniste qui se trouvait à son poste ordinaire, en *m*, fut brûlé à la tête et dans les reins; des débris de brique ou de pierre lui firent quelques contusions, mais au bout de peu de jours il était guéri.

On n'a donc pas eu à déplorer de malheur grave en ce qui tient à la vie des hommes, mais néanmoins les effets de l'explosion ont été considérables.

La chaudière a été partagée en six fragments que l'on voit représentés en projection horizontale dans les *fig*. 5 à 11, et qui ont été lancés aux différents points B, C, D, E, F, G.

Les fragments *fig*. 5 et 6 ont brisé les soupapes de la deuxième chaudière qui n'a pas été dérangée; les tuyaux d'alimentation et d'émission ont renversé le mur *r r'* qui sépare le bâtiment des chaudières de celui de la machine, en y faisant la trouée représentée dans la *fig*. 4 et sont venus tomber ensemble près du volant de la machine, sans y faire aucun dommage autre que quelques torsions insignifiantes de tiges et de tringles. Le tuyau d'émission de la vapeur a été brisé tout près du cylindre derrière lequel était le machiniste, Antoine Mazet, de Sainte-Florine, et qui l'a protégé des projections de vapeur, d'eau chaude et de débris de toutes sortes.

Le fragment *fig*. 7 qui, avec les deux précédents, compose la calotte hémisphérique de la chaudière,

a été lancé au point C à 27 mètres à l'est. Ce morceau et le suivant, *fig.* 8, qui s'est trouvé en D à 16 mètres, non loin du puits d'air, ont bouleversé toute la partie intérieure des fourneaux ainsi qu'une partie du toit du bâtiment des chaudières.

Enfin les tronçons, *fig.* 9 et 10, ont été lancés à l'ouest, ont renversé le mur nord du bâtiment, ont heureusement épargné la cheminée, ont passé près de la maison d'ouvriers que l'on remarque sur le plan *fig.* 1, sont venus tomber en E et ont ricoché en G et en F à plus de 80 mètres du point de départ.

Le dernier fragment, *fig.* 10 et 11, représente à lui seul plus des trois quarts de la chaudière qui, toute entière, pesait environ 3.600 kilogrammes. La *fig.* 2, *Pl. V*, représente le profil de la vallée ou du ravin de Bergonade, traversé par les fragments, *fig.* 9 et 10. Sans la côte de Grignes qui se trouve vis-à-vis celle de la Taupe où se trouve la machine, la pièce énorme, *fig.* 10 et 11, qui pèse au moins 2.700 kilog. aurait été transportée beaucoup plus loin.

Après cette description de l'état des lieux et de l'accident, examinons quelles ont pu en être les causes.

Dans les nombreuses visites que j'ai faites sur les lieux, je m'étais convaincu du bon entretien de la machine et de la bonne régularité de sa marche; la soupape à poids directs était cachée sous un manchon de fonte et ne pouvait être surchargée; la soupape à levier fonctionnait toujours convenablement; tous les employés de la mine certifient qu'on ne la surchargeait jamais, et de plus tout porte à croire que cette assertion est véridique, puisque la machine depuis longtemps

ne faisait qu'un faible service et qu'il devait être absolument inutile d'augmenter la pression.

Les poids de ces soupapes étaient les mêmes que ceux qui étaient venus de Belgique.

Le poids agissant librement était de 120 kilog. y compris ceux de la soupape et de la tige directrice; le diamètre de l'orifice était de 0^{m},68. Ces données représentent quatre atmosphères. ou quatre atmosphères un quart pour le chiffre qu'auraient dû porter les timbres, s'il y en avait eu.

La soupape à levier était chargée d'un poids de 17 kilogrammes. La soupape et le levier pesant sur l'orifice avec une charge d'environ 3 kil., et le rapport entre les deux bras de levier étant un sixième, il s'ensuit que la pression effective sur la deuxième soupape était aussi de 120 kil.; mais l'orifice n'avait que 0^{m},62 de diamètre, de sorte que l'estampille aurait dû porter 4 1/2 atmosphères pour la charge de cette soupape.

Dans les parties de la chaudière où la tôle est encore en bon état, elle a une épaisseur de 11 à 12 millimètres, épaisseur qui devait être la même partout dans le principe, et qui correspond, en considérant le diamètre de la chaudière 1^{m},52, à 4 1/4 atmosphères.

Enfin la surface de chauffe était de 21 mètres carrés, et de la table située à la fin de l'ordonnance du 22 mai 1843, laquelle sert à trouver le diamètre des soupapes qui ici nous est connu, on déduit 4 atmosphères pour le numéro du timbre.

Il est donc presque certain que les deux chaudières qui sont identiques avaient été éprouvées ou du moins construites pour marcher à 4 ou 4 1/2 atmosphères.

Le manomètre à air libre ne contenait sur son échelle graduée que les chiffres 1 3/4, 2, 2 1/4 et 2 1/2; ce dernier situé à la partie supérieure était marqué d'une manière plus visible, et c'est toujours vers ce point que le machiniste avait ordre de maintenir la vapeur, et, je le répète, tout porte à croire qu'il n'a pas chauffé trop fortement.

La machine, ainsi que nous l'avons dit, avait été réparée tout récemment, et chaque pièce fonctionnait convenablement. Le machiniste assure que le flotteur indiquait dans la chaudière une quantité d'eau suffisante, et que, au moment de l'explosion, la pompe alimentaire marchait; j'ai pu le vérifier moi-même, puisque j'étais présent lorsqu'on a déblayé la machine, et que le premier j'ai pu voir que le robinet de communication avec la chaudière était ouvert, et que la pompe était en bon état.

L'explosion n'a donc pas pour cause le manque d'eau dans la chaudière.

Cet appareil ne fonctionnait que depuis deux jours; on l'avait nettoyé et on avait mis une pièce à l'une des feuilles de tôle, une de celles que l'on peut voir dans le fragment, *fig.* 8, *Pl. V*; il ne pouvait donc contenir une grande quantité de sédiments nuisibles; de plus, les soupapes de sûreté et surtout celle à levier étaient en bon état et devaient fonctionner très-bien.

Ainsi donc je pense que l'explosion de la chaudière de la Taupe n'est pas due à l'imprudence du machiniste reconnu pour un homme soigneux et intelligent et qui n'avait aucun intérêt à forcer la vapeur, puisque le travail de la machine était très-peu important.

Mais en examinant les fragments de la chaudière, la véritable cause de l'explosion m'a immédiatement frappé : en plusieurs points la tôle n'avait à peine qu'un millimètre d'épaisseur. Je joins ici la série d'épaisseurs que j'ai prise sur les fragments :

FRAGMENTS											
Fig. 5. ÉPAISSEUR.		*Fig.* 6. ÉPAISSEUR.		*Fig.* 7. ÉPAISSEUR.		*Fig.* 8. ÉPAISSEUR.		*Fig.* 9. ÉPAISSEUR.		*Fig.* 10 et 11. ÉPAISSEUR.	
	mill.		mill.		mill.		mill.		mill.		mill.
a	4	*a*	4	*a*	5	*a*	3	*a*	4	*a*	6
b	6	*b*	8	*b*	5	*b*	5	*b*	1	*a'*	2
c	9	*c*	5	*c*	8	*c*	4	*c*	9	*b*	6
d	5	*d*	4	*d*	6	*d*	9	*d*	2 et 3	*b'*	3
		e	9	*e*	9	*e*	10	*e*	12	*c*	6
		f	10	*f*	4 et 9	*f*	4	*f*	1 1/2	*d*	4
				g	6	*g*	1	*g*	1 et 6	*e*	8
				h	9	*h*	0,75	*h*	7	*f*	8
				i	10	*i*	7				
				k	7	*k*	9				
						l	9				
						m	7				

En considérant le tableau ci-dessus, on voit que les deux fragments *fig.* 8 et 9 qui composent le premier anneau cylindrique de la chaudière, sont ceux qui renferment le plus grand nombre de parties minces; il est probable que la première rupture a eu lieu dans cette partie, et en rappro-

chant les parties les plus faibles de ces fragments, on est induit à penser que les lignes de rupture *f*, *g*, *c*, *d*, *m*, *h* dans *fig.* 8 et *a*, *b*, *g*, *f*, *c*, *d* dans *fig.* 9 ont cédé les premières. Les fragments *fig.* 9 et *fig.* 10 ont été projetés ensemble aux points F et G, et les autres fragments suivant d'autres directions en B, C et D.

En replaçant par la pensée les fragments dans leur position primitive, ce qui est facile, car l'ouverture S (*fig.* 8) de la soupape de sûreté se trouvait en dessus, on voit que le tronçon *fig.* 9 était immédiatement sur le feu, et que les lignes de première rupture à peu près parallèles à l'axe de la chaudière se trouvaient dans la partie occupée par les carneaux, partie indiquée sur le fragment *fig.* 10 et 11.

Les témoins, enveloppés par les débris et émus par l'accident, n'ont pu dire si l'explosion avait produit une ou plusieurs secousses, mais il est probable que le gros fragment (*fig.* 10 et 11) a d'abord été soulevé de son chantier de $0^m,25$ à $0^m,30$, puis a été poussé obliquement sur le mur nord et l'a abattu : on peut voir en ω *fig.* 4 les traces de son passage et du frottement qu'il a exercé contre le reste du mur laissé debout.

Dans sa trajectoire du point de départ au point G, le tronçon *fig.* 10 a éprouvé probablement des mouvements de rotation divers, car il est tombé dans une position perpendiculaire à la première direction, il a labouré la terre sur un espace de 4 à 5 mètres, a coupé et arraché de jeunes arbres qui se trouvaient en ce point, et est retombé en F dans une position parallèle à celle du point de départ; là, il s'est affaissé sur sa partie postérieure, de ma-

nière à représenter la section dessinée *fig.* 2.

Il résulte donc de tout ce qui précède :

1° Que les chaudières n'étaient pas munies du flotteur d'alarme prescrit par l'art. 30 de l'ordonnance royale du 22 mai 1843.

2° Que les mêmes chaudières, construites en Belgique, ne portaient aucun timbre et n'avaient pas subi l'épreuve exigée par l'art. 3 de la même ordonnance.

3° Que les exploitants étaient depuis longtemps et même avant leur entrée en possession prévenus du mauvais état des chaudières, et qu'ils auraient dû mettre plus d'activité à les remplacer.

4° Que les appareils compris dans la première des catégories définies par l'ordonnance étaient en règle en ce qui concerne le remplacement et les exigences des articles 34, 35, 36 et 37.

5° Que très-probablement la machine fonctionnait convenablement; que le machiniste était bien à son affaire; que les soupapes n'étaient pas surchargées et que l'alimentation n'était pas en retard.

6° Enfin que l'explosion de la chaudière de la Taupe a eu probablement pour cause une large fissure survenue sur les parties des parois situées dans les carneaux et au-dessus du feu, fissure déterminée elle-même par une trop faible épaisseur de la tôle rongée par les eaux acides employées pour l'alimentation.

La deuxième chaudière qui dans le moment de l'explosion ne fonctionnait pas, se trouvant à très-peu près dans les mêmes conditions que la

première, j'ai dû, en attendant l'avis de M. l'ingénieur en chef, en interdire immédiatement l'usage, et les exploitants devront se munir d'un nouvel appareil.

RAPPORT

Sur l'explosion d'une chaudière placée à bord d'un bateau dragueur sur le Rhône à Lyon.

Par M. PIGEON, ingénieur des mines.

Le 26 février 1846 se trouvait en activité de service, près du pont du Collége, un bateau dragueur servant à tirer du lit du Rhône des graviers pour les grands travaux de remblais que fait en ce moment exécuter la ville de la Guillotière, lorsque la chaudière, venant subitement à se rompre, fut enlevée au-dessus du pont et retomba dans le fleuve à 22 mètres environ du bateau. Le chauffeur était à son poste et divers ouvriers se trouvaient sur le bateau et dans les sapines voisines, mais aucun d'eux ne fut atteint.

La chaudière sort des ateliers de M. Sardon : elle avait été commandée, en 1839, par M. Laurent, fabricant de machines à Lyon et chargé de la construction de la drague, où elle devait servir comme générateur.

Cette chaudière est à foyer intérieur : elle se compose d'un cylindre vertical terminé à sa partie supérieure par une calotte hémisphérique. Le foyer est circonscrit par quatre faces planes verticales, et il est traversé par 68 tubes en cuivre placés horizontalement et dirigés de l'une des faces à la face opposée. Ces tubes sont constamment remplis d'eau ; la flamme circule entre les intervalles qu'ils présentent, et elle s'échappe

par un conduit cylindrique ouvert dans la calotte supérieure de la chaudière. La base de la chaudière est formée par une plaque en fonte de 3 centimètres d'épaisseur, à laquelle les plaques de tôle intérieures et extérieures se rattachent par des fers d'angle. Cette plaque est percée d'une ouverture carrée correspondante au foyer et au-dessus de laquelle se trouvait le cendrier.

Les dispositions principales de la chaudière sont indiquées sur la *Pl. V*, *fig.* 12 à 15.

Voici de plus quelles sont ses dimensions principales :

	mètres.
Hauteur de la chaudière.	2,00
Diamètre du cylindre extérieur.	1,32
Ecartement des faces planes verticales entre lesquelles se trouvent circonscrit le foyer.	0,87
Largeur du conduit servant de cheminée.	0,33
Diamètre des tubes entre lesquels passe la flamme.	0,06
Epaisseur de la tôle du cylindre extérieur.	0,010
Epaisseur de la tôle des faces planes intérieures.	0,007
Epaisseur du cuivre des tubes.	0,003

Le timbre de la chaudière était en outre de 4 atmosphères ; elle contenait au niveau que devait habituellement occuper l'eau 1100 litres, et son poids total était de 2020 kilog.

Les figures 12 et 13, *Pl. V*, représentent les dispositions de la chaudière après l'accident : on voit que l'une des faces planes s'est déchirée à la partie inférieure sur toute la largeur qu'elle occupe. Cette déchirure s'est faite au milieu suivant la ligne des rivets par lesquels la face se lie au fer d'angle placé à l'intérieur de la chaudière : vers les

angles la fente se relève et de l'un des côtés la tôle s'est ployée dans une direction verticale sur $0^{m},40$ de hauteur. L'écartement maximum de la tôle par rapport à la position qu'elle occupe d'abord, s'est naturellement produit au milieu, et il a été de $0^{m},28$ environ.

C'est par cette ouverture que se sont violemment échappées l'eau et la vapeur renfermées dans la chaudière, et de ce mouvement est résulté sur la face supérieure opposée une réaction qui a sollicité de bas en haut la chaudière, l'a détachée des poutres sur lesquelles elle était assise, et l'a projetée à la hauteur d'où elle est retombée dans le Rhône.

Les autres parties de la chaudière et spécialement les tubes n'ont éprouvé aucune détérioration sensible.

Il n'a pas été possible de constater d'une manière précise quelle était, lors de l'explosion, la charge des soupapes. Les poids sont restés au fond du Rhône, et l'exhibition des poids normaux correspondant à la tension intérieure de quatre atmosphères ne prouverait pas qu'il n'y eût pas eu surcharge par l'intervention de poids additionnels.

Le chauffeur a protesté en outre qu'il n'y avait pas eu manque d'eau, mais il y a lieu de faire observer que l'appareil de vidange n'était pas convenablement disposé, et que d'abondants dépôts s'étaient faits dans la partie inférieure de la chaudière, de sorte que certaines parties de la tôle pourraient bien avoir acquis une température très-élevée susceptible de donner lieu brusquement à une grande production de vapeur.

La cause principale, si ce n'est même la cause unique de l'explosion, me paraît toutefois être un

vice de construction de la chaudière. Ainsi, quatre faces planes sont disposées verticalement à l'intérieur comme dans les coffres de locomotives, et il ne se trouve pas un seul tirant qui les relie à l'enveloppe extérieure. La tôle était, il est vrai, d'assez bonne qualité, son épaisseur était suffisante, mais l'emploi de faces planes disposées de cette sorte n'est admissible dans des chaudières qu'autant que de nombreux tirants, disposés avec soin, les maintiennent d'une manière bien fixe. En l'absence de ces pièces, une pression même de peu de force, si elle agit d'une manière continue, finira bientôt par déformer et même par rompre ces faces de moindre résistance.

On pourrait encore reprocher à la chaudière de la drague que la flamme se trouvait en contact avec des parties occupées par la vapeur. L'eau ne s'élevait en effet que jusqu'à 10 centim. au-dessus de la naissance du conduit cylindrique qui sert de cheminée, et la moindre négligence apportée à l'alimentation devait abaisser le niveau au-dessous de la face plane horizontale qui surmonte les tubes. La flamme était, il est vrai, singulièrement diminuée d'intensité par son passage à travers les intervalles que présentaient 68 tubes aussi rapprochés les uns des autres, mais au moment de certains coups de feu, elle aurait pu toutefois être encore assez vive pour chauffer au rouge la plaque supérieure, dans le cas où elle fût devenue supérieure au niveau d'eau, et l'on aurait eu dès lors à redouter tous les accidents résultant du manque d'eau dans les chaudières ordinaires.

Quant à l'effet principal de l'explosion qui consiste dans la projection en l'air de la chaudière et sa chute dans le Rhône à 20 mètres du bateau, on s'en rend facilement compte en considérant

qu'au moment de l'explosion et tout en admettant que la tension intérieure ne dépassait pas celle de quatre atmosphères, il a dû se produire presque spontanément 45 mètres cubes de vapeur susceptible de développer un travail moteur de 1.394.000 kil. élevés à un mètre.

Or, étant donnée la chaudière pesant 2020 kil., et lors même qu'on admettrait qu'elle ait été lancée d'abord sous un angle de 75° avec l'horizontale, il lui suffirait pour arriver à la distance de 22 mètres, que la vitesse initiale fût seulement de 21 mètres, ce qui correspondrait à un travail moteur de 44.500 kilog. élevés à 1 mètre.

Si l'on supposait que la chaudière ait été lancée presque verticalement et sous un angle de 85°, par exemple, la vitesse initiale aurait dû dans ce cas être de 35 mètres environ, ce qui correspond seulement à un travail moteur de 125.000 kilog. élevés à 1 mètre.

Il résulte de cette discussion que l'explosion de la chaudière de la drague devrait être attribuée à un vice de construction de la chaudière et surtout à la présence des faces planes intérieures, qu'aucun tirant ne reliait aux cylindres extérieurs. La tension intérieure normale aurait en outre suffi pour produire la rupture et lancer la chaudière en l'air, sans qu'il y ait lieu de recourir à la supposition d'un excès de pression occasionné par la surcharge des soupapes ou par un défaut d'alimentation.

AVIS

de la commission centrale des machines à vapeur.

La Commission centrale des machines à vapeur, dans sa séance du 26 juin 1846, après avoir pris connaissance de la lettre de M. le sous-secrétaire d'État des travaux publics en date du 20 mai 1846, et du rapport de M. l'ingénieur des mines Pigeon concernant l'explosion d'une chaudière à vapeur établie sur un bateau dragueur, qui a eu lieu à Lyon le 26 février dernier, a entendu la lecture du rapport suivant qui a été fait par le secrétaire.

Rapport fait par M. Combes.

La cause de l'explosion de la chaudière placée à bord du bateau dragueur de Lyon est évidemment celle qui est indiquée par M. l'ingénieur Pigeon, c'est-à-dire le défaut absolu des armatures qui eussent été nécessaires pour consolider les parois planes du foyer. La chaudière avait été, il est vrai, soumise à la pression d'épreuve et timbrée en 1839; mais depuis lors elle avait dû être détériorée par suite des dépôts terreux dont elle n'était pas convenablement nettoyée; l'action continue d'une très-forte pression sur les parois planes suffirait d'ailleurs pour expliquer la diminution de la résistance de ces parois et des jointures de la chaudière.

Je dois faire remarquer que la chaudière dont il s'agit était soumise, en ce qui concerne les conditions de sûreté, au régime de l'ordonnance

royale du 23 mai 1843, en vertu de l'art. 79 de cette ordonnance. En conséquence, elle aurait dû être visitée fréquemment par la commission de surveillance de Lyon (art. 71 et 72 de l'ordonnance précitée). Il peut exister des doutes sur la question de savoir si le permis de faire usage de machines et de chaudières placées sur les bateaux stationnaires et mentionnés dans l'art. 79, doit être renouvelé chaque année, ainsi que cela est exigé par l'art. 9 pour les permis de navigation. La circulaire ministérielle du 26 juillet 1843, développant les dispositions de ce dernier article, dit que les nouveaux permis de navigation ne seront délivrés chaque année, qu'après que la commission de surveillance *aura procédé à une nouvelle épreuve de la chaudière et se sera assurée de sa solidité*; il me paraît, en tous cas, conforme à l'esprit de l'ordonnance du 23 mai 1843, et je regarde comme très-utile, que le régime des visites fréquentes et surtout du renouvellement annuel de la pression d'épreuve soit appliqué aux chaudières des bateaux dragueurs et autres bateaux stationnaires. En effet, la plupart des chaudières placées sur des bateaux même stationnaires, ont des formes plus compliquées et plus susceptibles de se détériorer par l'usage que celles qui sont placées à terre. La chaudière dont nous nous occupons en offre un exemple; il est vraisemblable que le renouvellement de l'épreuve aurait fait reconnaître qu'elle était détériorée et prévenu l'accident du 26 février.

Par les motifs énoncés ci-dessus, j'estime qu'il y a lieu de la part de M. le sous-secrétaire d'État des travaux publics de rappeler à M. le préfet du Rhône que les chaudières établies à bord des ba-

teaux stationnaires sont soumises au régime de l'ordonnance royale du 23 mai 1843, qu'elles doivent en conséquence être l'objet de visites fréquentes de la part des commissions de surveillance des bateaux à vapeur; qu'il convient de leur faire subir, chaque année, une nouvelle pression d'épreuve, pour s'assurer qu'elles n'ont rien perdu de leur solidité, et que le procès-verbal de ces épreuves doit lui être transmis par la commission de surveillance.

Il sera d'ailleurs utile d'imprimer le rapport de M. Pigeon et l'extrait de l'avis de la commission centrale, dans les Annales des mines et les Annales des ponts et chaussées.

L'ingénieur en chef des mines,
secrétaire de la commission, rapporteur.

CH. COMBES.

La Commission, après en avoir délibéré, approuve les observations contenues dans le rapport et en adopte les conclusions.

L'inspecteur général des mines,
président de la commission,

L. CORDIER.

L'ingénieur en chef des mines, secrétaire,

CH. COMBES.

NOUVELLES ANALYSES

De la Heulandite;

Par M. DAMOUR.

Dans le cours d'un travail dont l'objet est de déterminer l'état d'hydratation des minéraux de la famille des Zéolites, j'ai été amené à reprendre l'analyse complète de la heulandite, espèce bien connue et suffisamment décrite dans les divers traités de minéralogie. La composition de cette substance ne me paraissait pas définie d'une manière bien précise. Les analyses de MM. Walmstedt, Thomson et Rammelsberg ont conduit ces minéralogistes à proposer, pour représenter ce minéral, les formules suivantes :



$$3\dot{Ca}\,\dddot{Si} + 4\dddot{Al}\,\dddot{Si}^3 + 18\dot{H}$$



$$3\dot{Ca}\,\dddot{Si} + 4\dddot{Al}\,\dddot{Si}^3 + 21\dot{H}$$

qui paraissent assez compliquées.

Ayant reconnu, après deux analyses successives faites sur des cristaux très-purs de heulandite, une proportion appréciable de soude et de potasse qui n'avait pas encore été signalée sur cette espèce minérale, il m'a semblé qu'en réunissant ces deux bases à la chaux qu'elle contient, on pouvait construire une formule plus simple et s'accordant assez facilement avec les résultats obtenus par les minéralogistes qui se sont occupés de la heulandite.

Ce minéral, composé de silice, d'alumine, de chaux, de soude, de potasse et d'eau, étant atta-

quable par les acides, j'ai déterminé ses divers principes constituants, suivant les méthodes connues : la silice, par l'évaporation à siccité de la liqueur acide; l'alumine, en la précipitant de sa dissolution acide par l'ammoniaque; la chaux, par l'oxalate d'ammoniaque et à l'état de sulfate; la soude et la potasse ensemble à l'état de chlorure, et la potasse par le chlorure platinique.

L'eau a été dosée sur deux quantités, prises à part, du minéral divisé en petits fragments et desséché pendant plusieurs jours sous une cloche, au-dessus d'un vase contenant de l'acide sulfurique concentré.

gr.				Pour 1,0000
1,3350	ont perdu	au feu	0,1930 =	0,1445
1,4185	*id.*	*id.*	0,2015 =	0,1420

La moyenne de ces deux expériences est de 0,1433.

La détermination de l'eau, dans les zéolites, exige certaines précautions dont l'emploi ou l'omission influe beaucoup sur les résultats qu'on doit obtenir. En publiant plusieurs notices sur quelques minéraux de cette famille, j'ai déjà signalé en eux une propriété hygroscopique très-prononcée; il est donc essentiel, avant de les exposer à la température élevée qui doit chasser leur eau de combinaison, de bien s'assurer qu'ils ont perdu toute leur eau hygroscopique. Les résultats que je vais indiquer feront mieux comprendre encore la nécessité de cette précaution.

1 gramme de heulandite, réduit en lames minces et équilibré sur la balance, fut placé dans l'appareil à dessécher le 15 mai, à 7 heures du matin.

Le 16, à la même heure, le minéral avait perdu 0g,0160.

Le 19, à la même heure, la perte totale était de $0^g,0240$.

Le 20, cette perte se maintenait au même chiffre.

Rendue à l'air libre, le matière, après un espace de 36 heures, avait repris son poids exact de 1 gr.

Une quantité égale de gypse cristallisé, d'Auteuil, réduite en lamelles minces et placée dans le même appareil, ne perdit, dans le même espace de temps, qu'un demi-milligramme de son poids.

Ces expériences me semblent démontrer :

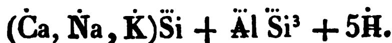
1° Que la perte de 0,0240 éprouvée par la heulandite est bien due à l'eau hygroscopique que le minéral peut absorber ou perdre suivant l'état de l'air dans lequel il reste plongé ;

2° Qu'une dessiccation préalable, dont l'influence serait à peine sensible sur les résultats d'une analyse du gypse, est indispensable à l'égard de la heulandite; je puis ajouter que toutes les zéolites que j'ai examinées jusqu'à ce jour sont dans le même cas.

Mes analyses de la heulandite ont donné :

	(1)	(2)	Moyenne.
Silice.	0,5964	0,6007	0,5985
Alumine. . . .	0,1633	0,1596	0,1615
Chaux.	0,0744	0,0767	0,0755
Soude.	0,0116	0,0115	0,0116
Potasse. . . .	0,0074	0,0060	0,0067
Oxyde de fer.	»	0,0052	»
Eau.	0,1433	0,1433	0,1433
	0,9964	1,0030	0,9971

Analyses que l'on peut représenter avec une grande approximation par la formule :



$$(\dot{C}a, \dot{N}a, \dot{K})\ddot{S}i + \dddot{A}l\,\ddot{S}i^3 + 5\dot{H}.$$

qui donnerait :

4 atomes de silice.	280924	=	0,5967
1 at. d'alumine. .	64233	=	0,1660
1 at. de chaux. . .	35602	=	0,0920
5 at. d'eau.	56240	=	0,1453
	386999		1,0000

La heulandite, dont la composition ne paraît différer de celle de la stilbite que par la proportion de l'eau que ces minéraux contiennent, peut prendre place dans le groupe des zéolites, dont les principes constituants présentent le rapport :

$$\dot{r} : \dddot{Al} : \dddot{Si} :: 1 : 3 : 12.$$

Le tableau suivant indique leur relation :

	$(\dot{r}.)$	$(\dddot{Al})$	$(\dddot{Si})$	$(\dot{H}.)$	
Stilbite.	1 :	3 :	12 :	6	$\dot{r}=\dot{Ca}$.
Harmotôme.	1 :	3 :	12 :	6	$\dot{r}=\dot{Ba}$.
Heulandite.	1 :	3 :	12 :	5	$\dot{r}=(\dot{Ca},\dot{Na},\dot{K}.)$
Épistilbite.	1 :	3 :	12 :	5	$\dot{r}=(\dot{Ca},\dot{N}.)$
Brewstérite?. . . .	1 :	3 :	12 :	5	$\dot{r}=(\dot{Sr},\dot{Ba}.)$
Zéolite d'Ædelfors. .	1 :	3 :	12 :	4	$\dot{r}=(\dot{Ca}.)$

Sur chacune de ces espèces le rapport 1 : 3 : 12 entre les bases et la silice reste constant; la quantité d'eau seule varie.

SUR LA VILLEMITE;

Par MM. DELESSE et DESCLOIZEAUX.

La collection minéralogique de M. de Drée renferme un *silicate de zinc brunâtre* provenant de Franklin, dans le New-Jersey, aux Etats-Unis; il paraît avoir déjà été analysé par MM. Vanuxem et Keating (1), qui l'ont rapporté à la villemite de Lévy; mais comme il diffère beaucoup, par son aspect extérieur, de la villemite qu'on trouve en Europe, et que son analyse ne s'accorde pas avec celle d'un minéral identique quant à ses propriétés physiques, et provenant de la même localité, qui a été faite par M. Thompson, nous avons pensé qu'il y aurait quelque intérêt à examiner comparativement les deux minéraux.

La villemite que nous avons analysée provenait des mines de zinc de la Vieille-Montagne près d'Aix-la-Chapelle; elle formait des petits cristaux ayant seulement quelques millimètres de dimension, légèrement rosés et présentant la forme d'un prisme hexagonal régulier terminé par un rhombe obtus d'un angle de 128°-30', ainsi que l'ont décrit Lévy (2) et Phillips (3); ces cristaux étaient implantés dans les druses d'une calamine ferrugineuse.

Le silicate de zinc du New-Jersey était égale-

(1) Journ. Ac. nat. sc. Philad., IV, 3.
(2) Ann. des mines, t. IV, 1843, 6ᵉ livraison.
(3) Minéralogie de Phillips.

gélatineux; elle produit alors un encroûtement autour de la partie centrale, et il est nécessaire de prolonger l'ébullition pendant quelque temps pour que l'attaque soit complète.

Pour l'analyse quantitative, on a dissous un peu moins d'un gramme dans l'acide hydrochlorique; après avoir séparé la silice comme à l'ordinaire, on a évaporé une seconde fois la liqueur, ce qui a donné encore une petite quantité de silice : le zinc a été séparé par dissolution dans la potasse, en reprenant successivement le résidu insoluble dans l'acide; le fer a été séparé du manganèse par le succinate d'ammoniaque. On n'a du reste pas trouvé de cadmium.

On a obtenu ainsi, dans deux analyses faites sur la villemite de la Vieille-Montagne et le silicate de zinc de New-Jersey :

Vieille-Montagne.

		Oxygène.		
Silice.	27,28		14,172	1
Oxyde zincique (diff.). .	72,37	14,265		
Protoxyde de manganèse	»	»	14,345	1
Protoxyde de fer. . . .	0,35	0,080		
	100,00			

New-Jersey.

		Oxygène.		
Silice.	27,40		14,235	1
Oxyde zincique (diff.). .	68,83	13,561		
Protoxyde de manganèse	2,90	0,651	14,410	1
Protoxyde de fer. . . .	0,87	0,198		
	100,00			

Les résultats de ces analyses s'accordent assez bien avec ceux qui ont été obtenus soit pour la villemite, soit pour le silicate de zinc de New-Jersey, par MM. Thompson, Lévy, Vanuxem et

Keating ; par conséquent on voit que le silicate de zinc manganésifère de New-Jersey et la villemite, quoique paraissant très-différents d'aspect au premier abord, appartiennent bien à la même espèce minérale, qui est le silicate de zinc tribasique



$$\dddot{Si}\ \dot{Zn}^3,$$

ou bien, en admettant seulement deux atomes d'oxygène dans la silice, le silicate de zinc bibasique



$$\ddot{Si}\ \dot{Zn}^2.$$

EXAMEN

De quelques minéraux : hydro-carbonate de zinc, de cuivre et de chaux, d'une composition nouvelle, aurichalcite, kalkmalachite et damourite ;

Par M. ACHILLE DELESSE, Ingénieur des mines.

Hydrocarbonate de zinc, de cuivre et de chaux.

L'étude des divers produits de la décomposition des minerais de cuivre (1) m'a conduit à examiner plus particulièrement un échantillon de la collection du Jardin du Roi, sur lequel se trouve un minéral qui me semble former une *espèce nouvelle*.

Cet échantillon provient de Loktefskoï, dans les monts Altaï, en Sibérie ; il est formé de calamine compacte très-argileuse, associée avec un peu de sulfure de cuivre ; cette calamine, qui forme la plus grande partie de la masse, est d'une couleur blanc jaunâtre et ressemble au minerai de zinc ordinaire de la Haute-Silésie ; dans ses druses se trouve une substance d'un vert bleuâtre et qui doit être regardée comme un minéral bien défini, car elle est formée de fibres qui sont autant de petits prismes allongés terminés par un pointement à l'extrémité par laquelle ils ne sont pas implantés. Ces fibres, qui ont quelquefois plus de Sibérie.

(1) Voir Annales des mines, 4e série, tom. IX, p. 587.

5 millimètres de longueur, sont transparentes, d'une couleur bleue azurée dans le sein de leur épaisseur, et elles présentent les reflets de la nacre de perle; elles sont perpendiculaires à la surface des druses qu'elles recouvrent, et par-dessus se trouvent souvent de petits cristaux rhomboédriques isolés de carbonate de chaux.

La densité a été trouvée de 3,320 pour un échantillon venant de Chessy et dont la composition sera donnée plus loin.

C'est cette substance fibreuse que j'ai examinée et soumise à l'analyse chimique.

Dans le tube fermé elle noircit en conservant son aspect fibreux, en même temps elle décrépite et donne une quantité d'eau notable; par un acide on reconnaît de suite que c'est un carbonate.

Au chalumeau, sur le charbon, on a la réaction du zinc; avec le carbonate de soude et avec le sel de phosphore on voit de plus qu'il y a une grande quantité de cuivre.

Des essais par voie humide ont montré que le minéral renfermait principalement de l'oxyde de zinc, de l'oxyde de cuivre et de la chaux.

On a constaté, de plus, qu'étant pulvérisé il se dissout avec facilité dans l'ammoniaque, et surtout dans le carbonate d'ammoniaque; il reste seulement une poudre blanche pulvérulente qui n'est autre chose que du carbonate de chaux à l'état de craie. Sous ce rapport, ce carbonate naturel ne diffère donc pas des carbonates de cuivre et de zinc du laboratoire. Le carbonate de chaux qui reste sans se dissoudre, paraît du reste, parfaitement pur; en sorte que le carbonate d'ammoniaque pourrait très-bien être employé pour séparer

la chaux, dans l'analyse. Quand on laisse la dissolution dans le carbonate d'ammoniaque s'évaporer lentement à l'air, il se forme de petites houppes nacrées, soyeuses, bleuâtres, groupées l'une à côté de l'autre, qui probablement ne contiennent que peu ou point de chaux, mais qui paraissent être semblables au minéral que nous décrivons en ce moment; aussi il est bien probable qu'il a dû se former par voie aqueuse de cette manière.

Pour l'analyse quantitative, on a dosé l'eau et une partie de l'acide carbonique, au moyen d'un tube à ponce sulfurique et de l'appareil à boules qu'on emploie pour les analyses organiques; seulement la température à laquelle on a chauffé le tube de verre n'ayant pas été assez élevée pour *décomposer* le carbonate de chaux, on a déterminé la quantité totale d'acide carbonique par une calcination de la substance dans un creuset de platine; à la chaleur rouge la perte est seulement de 23,57 p. °/₀; elle est due à l'eau et à une partie de l'acide carbonique des carbonates de zinc et de cuivre, car d'après le calcul elle devrait être de 25,51 p. °/₀ si tout l'acide carbonique de ces carbonates s'était dégagé; mais il est probable que dans la calcination, la chaux passe à l'état de carbonate neutre, aux dépens de l'acide carbonique des carbonates métalliques; et on trouve en effet par le calcul, d'après la quantité de chaux obtenue, que la perte dans cette hypothèse doit être de 23,13 p. °/₀, ce qui concorde bien avec le résultat de l'opération.

La matière reprise par l'acide hydrochlorique s'est dissoute complétement en laissant quelques petits flocons qui indiquaient la présence d'une trace de silice; le cuivre a été précipité par un

courant de gaz sulfhydrique dans la liqueur rendue fortement acide, puis on a séparé le zinc par le sulfhydrate d'ammoniaque ; le cuivre a été dosé à l'état de deutoxyde et le zinc à l'état de protoxyde, après avoir été précipité par le carbonate de potasse ; on s'est assuré que l'oxyde de cuivre était bien pur et qu'il ne contenait plus ni potasse ni oxyde de zinc.

Après la destruction du sulfhydrate d'ammoniaque, on a précipité la chaux par l'oxalate d'ammoniaque et on l'a pesée à l'état de carbonate ; on s'est assuré que cette chaux était bien pure et que le poids du sulfate correspondait exactement à celui du carbonate.

On a reconnu, du reste, qu'il n'y avait pas de magnésie ni d'alcalis.

En opérant sur 1g,137, on a obtenu ainsi les résultats suivants :

			Oxyg.		Rap.	Equiv. isomorphes.			
Acide carbonique et eau.	29,90	100							
Somme des oxydes.	70,10								
Acide carbonique.	21,45			15,60	2	1		15,60	1
Oxyde zincique. .	32,02		6,31	14,07	2	1	6,31	15,19	1
Chaux.	8,62		2,42			1	2,42		
Oxyde cuivrique.	29,46		5,94			2/3	3,96		
Eau.	8,45			7,51	1	1/3	2,50		
Silice.	traces.								

Si on fait le calcul des quantités d'oxygène, on trouve qu'elles sont à peu près entre elles comme les nombres simples :: 1 : 2 : 2.

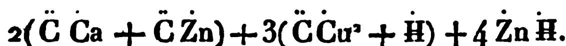
Pour l'acide carbonique le nombre est seulement un peu supérieur à 2, ce qui tient probablement à ce que la matière renfermait une petite quantité de carbonate de chaux mélangée.

Si l'on a égard aux quantités d'oxyde de zinc, d'oxyde de cuivre et de chaux données par l'ana-

lyse, on trouve qu'elles sont à peu près :: 3 : 3 : 1 ; et en calculant la composition du minéral d'après les données précédentes, on a :

Eau.	7 at.=	787,36	8,348
Acide carbonique. .	7 at.=	1925,00	20,420
Oxyde zincique. . .	6 at.=	3039,54	32,238
Oxyde cuivrique. . .	6 at.=	2974,20	31,547
Chaux.	2 at.=	703,80	7,447
		9429,90	100,000

On voit que ces résultats concordent assez bien avec ceux qui ont été trouvés pour l'analyse ; il reste maintenant à grouper les atomes des divers éléments, de manière à arriver à la formule la plus simple possible ; on pourrait d'abord adopter la suivante :



$$2(\ddot{C}\,\dot{C}a + \ddot{C}\,\dot{Z}n) + 3(\ddot{C}\,\dot{C}u^2 + \dot{H}) + 4\,\dot{Z}n\,\dot{H}.$$

Le minéral serait donc formé de 2 atomes de carbonate neutre de chaux et de zinc, combinés avec 3 atomes de malachite, et avec 4 atomes d'hydroxyde de zinc.

Mais si on ne suppose pas que la chaux doive nécessairement se trouver à l'état de carbonate neutre, la formule pourrait être :



$$3(\ddot{C}\,\dot{Z}n^2 + \dot{H}) + 3(\ddot{C}\,\dot{C}u^2 + \dot{H}) + (\ddot{C}\,\dot{C}a^2 + \dot{H}).$$

Enfin à cette dernière, qui est encore assez compliquée, il est préférable de substituer la formule plus simple :



$$\ddot{C}\,(\dot{Z}n,\ \dot{C}u,\ \dot{C}a)^2 + \dot{H}.$$

Le minéral serait alors *un carbonate bibasique d'oxyde de zinc, d'oxyde de cuivre et de chaux, combiné avec un atome d'eau.*

Si on observe que la formule de la *malachite* est $\ddot{C}\,\dot{C}u^{2} + Ħ$, on pourrait considérer aussi ce minéral comme une malachite calcaréo-zincifère, dans laquelle l'oxyde de zinc et la chaux auraient été substitués à une certaine proportion d'oxyde de cuivre ; il se rapprocherait même de la malachite par sa pesanteur spécifique, par sa structure fibreuse et radiée, ainsi que par son mode de gisement ; car il se trouve comme elle dans l'intérieur de druses, où il a dû être formé postérieurement par des infiltrations ammoniacales contenant en dissolution divers produits de décomposition des minerais de zinc et de cuivre avec de la chaux.

Cependant il faut observer que la formule de ce minéral paraîtrait en contradiction avec quelques résultats de la chimie; il semblerait en effet que l'oxyde cuivrique ne se substituerait pas seulement à l'oxyde zincique et à la chaux, comme se substituent entre elles les diverses bases à 1 atome et non isomorphes la magnésie, la potasse et la soude lorsqu'elles entrent dans la composition d'un feldspath par exemple ; c'est-à-dire en proportions telles que la formule du feldspath reste la même; car d'après les formules que nous avons proposées ci-dessus, l'oxyde cuivrique pourrait remplacer l'oxyde zincique et la chaux *atome* à *atome* et donner pour le minéral la formule de la malachite : ce serait contraire aux idées si remarquables que M. Scheerer vient de publier dans les Annales de Poggendorff, sur un genre particulier d'isomorphisme auquel il a donné le nom d'*isomorphisme polymère* (Pogg., ann. 1846, p. 319.) — D'après ces idées, en effet, l'eau doit être considérée comme jouant le rôle de base dans la plus grande partie des miné-

raux; de plus, dans *des composés isomorphes 1 at. d'oxyde zincique ou de chaux peut être remplacé par 3 at. d'eau, et 1 at. d'oxyde cuivrique par 2 at. d'eau.*

En admettant ce principe, qui paraît résulter de l'étude et de l'analyse d'un grand nombre de substances minérales, on aurait, en désignant comme M. Scheerer par (R) l'ensemble des bases à 1 at. et de l'eau.

$$(\dot{R}) = 32{,}02\ \dot{Z}n,\ 8{,}62\ \dot{C}a,\ 29{,}46\ \dot{C}u,\ 8{,}45\ \dot{H}.$$

Il faut substituer à l'oxyde cuivrique et à l'eau leurs équivalents en oxyde zincique et en chaux donnant lieu à des composés isomorphes, d'où résulte : oxygène correspondant $= 6{,}31 + 2{,}42 + 3{,}96 + 2{,}50 = 15{,}19$. Mais l'oxygène de l'acide carbonique $= 15{,}60$: par conséquent les quantités d'oxygène des bases et de l'acide étant égales, il paraîtrait préférable de considérer le minéral comme un carbonate bibasique représenté par la formule très-simple



$$\ddot{C}\,(\dot{R})^2.$$

Cette dernière formule nous semble devoir être préférée, mais quelle que soit celle qu'on adopte, la composition du minéral est intéressante, parce qu'elle fait connaître de nouveaux termes dans la série des hydrocarbonates de cuivre, de zinc et de chaux.

Pour le cuivre on connaissait bien déjà un hydrocarbonate bibasique qui est la malachite; on voit de plus que l'oxyde de cuivre peut entrer avec d'autres bases dans des composés de la formule $\ddot{C}\,(\dot{R})^2$.

semble conduire à la même formule que l'hydrocarbonate de Loktefskoï.

Cet échantillon provenait de la mine de cuivre de Chessy (Rhône); sa masse est du carbonate de zinc ou une calamine très-argileuse, de couleur jaune, qui présente de petites cavités; dans leur intérieur on peut observer des fibres soyeuses d'une couleur vert pomme un peu bleuâtre, formant des mamelons radiés et qui sont groupés en faisceaux comme cela a lieu pour la pyrophyllite de l'Oural. J'ai reconnu par un essai que cette substance doit avoir la même formule que la première et qu'elle contient seulement un peu moins de chaux.

Si on admet que la quantité d'acide carbonique soit telle que son oxygène soit égal à l'oxygène des bases, on peut facilement la calculer, et on trouve qu'elle doit être de 20,03 p. °/₀; par suite on a : eau, par différence = 7,62. Ces nombres ne diffèrent pas beaucoup de ceux de l'analyse précédente et paraîtraient conduire encore aux mêmes formules; car on a

						Équiv. isomorphes.			
Acide carbonique et eau.	27,65	100							
Somme des oxydes.	72,35		Oxyg.		Rap				
Acide carbonique.	19,88			14,57	2	1		14,57	1
Oxyde zincique. .	41,19		8,12			1	8,12		
Chaux.	2,16		0,61	14,57	2	1	0,61	14,88	1
Oxyde cuivrique. .	29,00		5,84			2/3	3,90		
Eau.	7,62			6,77	1	1/3	2,25		

Enfin, je dois à l'obligeance de M. Burat plusieurs échantillons de blende ligniforme provenant de la mine de cuivre de Temperino en Toscane, et qui me paraissent aussi renfermer le minéral dont l'étude nous occupe en ce moment. Dans les cavités de cette blende, on observe en effet des filaments radiés, soyeux, à éclat perlé,

Temperino.

qui sont d'un bleu turquoise clair; ils sont souvent engagés dans de la chaux carbonatée spathique, et ils peuvent même être assez intimement mélangés avec elle pour la colorer en quelque sorte en bleu. La densité de cette chaux carbonatée est de 2,913.

Il ne m'a pas été possible d'avoir la matière fibreuse parfaitement pure, car, après calcination, j'ai toujours remarqué des parties blanches formées uniquement de chaux caustique, tandis que dans les deux analyses précédentes toute la substance prenait une couleur noire bien uniforme; toutefois, en opérant sur des parties d'une couleur bleu turquoise, aussi pures qu'il a été possible de me les procurer, mais qui étaient cependant mélangées de carbonate de chaux, j'ai trouvé par un essai :

Eau et acide carbonique. .	39,16
Oxyde zincique (diff.). .	26,98
Oxyde cuivrique.	4,17
Chaux.	29,69
	100,00

On voit qu'il doit y avoir beaucoup de carbonate de chaux à l'état de mélange; mais, quoi qu'il en soit, il est probable que c'est un minéral ayant la même formule que les deux précédents, mais qui contiendrait peut-être moins d'oxyde de cuivre et plus de chaux.

Gisements divers.

L'étude des collections de minéralogie du Jardin du Roi et de l'Ecole des Mines, m'a fait rencontrer encore un grand nombre de variétés du minéral que nous venons d'étudier; il est toujours fibreux, radié, formant un enduit ou en petits mamelons; les teintes de sa couleur, qui passe du

vert au bleu turquoise clair à éclat nacré, varient sans doute avec la proportion des trois bases qui sont en combinaison; tous ces hydro-carbonates triples sont ordinairement considérés comme calamine cuprifère ou même comme malachite.

Les principales localités desquelles ce minéral provient, sont les maremmes du Volteranois, en Toscane; il forme sur l'échantillon examiné des fibres radiées divergentes d'un bleu turquoise clair à reflet nacré, réunies sur une gangue de quartz compacte avec du carbonate de zinc, de l'oxyde de fer et de l'oxyde de manganèse; on trouve encore d'autres échantillons venant de Framont dans les Vosges, du Tyrol, de la Daourie et de la Sibérie; les substances qui sont associées avec ce minéral dans ces divers gisements, indiquent toujours qu'il doit être le produit de la décomposition des minerais de cuivre et de zinc.

Nous observons cependant qu'il ne faut pas confondre avec le minéral précédent certains carbonates de zinc cuprifères, dont la teinte tire plutôt sur le vert et sur le vert olive que sur le bleu; ils n'ont pas la structure fibreuse ni l'état nacré du minéral précédent, mais ils présentent une structure lamelleuse, ou bien ils sont cristallisés quelquefois même en rhomboèdres très-nets, comme on peut le voir sur un échantillon du Derbyshire, qui se trouve dans la collection de M. Adam.

Aurichalcite. Parmi les minéraux connus, le seul qui me paraisse pouvoir être rapproché du précédent, est l'*aurichalcite*, dont l'analyse a été faite avec beaucoup de soin par M. Böttger dans le laboratoire de M. Rose (1). D'après la description donnée

---

(1) Ann. de Poggendorff, tome 48.

par M. Böttger, l'aurichalcite proviendrait du même gisement (1), et ses propriétés physiques seraient identiques; la quantité d'oxyde serait aussi la même; mais il ne fait pas connaître s'il a recherché la chaux, et je ferai observer que, d'après la marche qu'il a suivie dans son analyse, en traitant la liqueur par le carbonate de soude, il a dû nécessairement précipiter en même temps la chaux et l'oxyde de zinc; le nombre 45,73, qu'il regarde comme oxyde de zinc, pourrait donc bien être de l'oxyde de zinc et du carbonate de chaux. Quoi qu'il en soit, en ajoutant l'oxyde de zinc 32,02 de mon analyse, avec le carbonate de chaux 15,39, on retrouve 47,41, ce qui ne diffère pas trop du nombre 45,73, qui représente l'oxyde de zinc dans l'analyse de M. Böttger, si on considère surtout que les substances qui ont servi à l'analyse n'appartenaient pas au même échantillon minéralogique.

Kalkmalachite. Enfin il ne serait pas impossible que le minéral désigné par M. Zinken sous le nom de *kalkmalachite* (2), et pour lequel M. Haidinger (3) propose la formule :



$$\ddot{C}(\dot{C}u, \dot{C}a) + xAq,$$

fût une variété de celui que nous venons d'étudier, car il possède à peu près les mêmes qualités physiques, et, de plus, le sulfate de chaux et de fer ne paraissent devoir être considérées que comme des substances étrangères mélangées.

(1) Loktewsk, dans l'Altaï, est probablement la même localité que Loktefskoï.

(2) Voir Rammelsberg, 1er Supplément, p. 94.

(3) Haidinger, Minéralogie.

D'après ce qui précède, on voit que le minéral dont nous venons de faire connaître la composition, quoique se trouvant en petite quantité dans la nature, se rencontre cependant dans un grand nombre de localités, principalement dans les filons contenant du minerai de cuivre et de zinc. Comme il paraît former une espèce minérale bien définie et nouvelle, je proposerai de lui donner le nom de M. Burat, qui m'a permis de l'étudier en mettant à ma disposition tous les échantillons de sa collection.

Damourite.

Dans une notice minéralogique insérée dans les Annales de chimie et de physique de 1845 (1), j'ai proposé de désigner sous le nom de *damourite* le minéral qui accompagne le disthène bleu de Pontivy; ayant eu l'occasion de l'observer depuis sur de nombreux échantillons provenant de plusieurs autres localités, je vais les faire connaître.

C'est la *damourite* qui forme en partie, avec du mica argenté, le schiste auquel on donne quelquefois le nom de micacite, et dans lequel se trouvent, en Bretagne, le disthène et la Staurotide maclée.

Elle existe aussi en Écosse avec du quartz et avec le disthène laminaire et fasciolé bleu de Botrepheï Bauffshire (Écosse).

Elle paraît servir de gangue à certaines amphiboles vertes bacillaires du Tyrol.

Au Brésil, elle accompagne le disthène blanc

(1) Ann. de chimie et de physique, 1845, p. 248.

qu'on trouve dans la plupart des collections de minéralogie; elle est alors blanche, transparente; elle forme de petites lamelles groupées en divergeant comme la pyrophillite.

Au Monte-Capione, au Saint-Gothard, elle forme encore, avec du quartz et du mica, qui est tantôt noir et tantôt d'un blanc d'argent, la base de la roche, dans laquelle se trouvent le disthène bleu ainsi que les cristaux bruns et maclés de staurotide; elle est ordinairement mêlée intimement avec le disthène, en sorte que sa couleur varie du blanc d'argent au blanc bleuâtre; elle prend quelquefois une teinte jaunâtre par une altération due à l'action de l'air. Un essai au chalumeau m'a montré qu'elle est infusible, qu'elle se gonfle un peu et qu'elle jette un vif éclat. Avec le nitrate de cobalt, elle donne, quand on chauffe fortement, une coloration d'un bleu un peu sale. Par calcination, elle perd 4,83 p. o/o; cette perte est un peu moindre que celle de la damourite de Bretagne, qui est de 5,25; mais cela peut être attribué, ce me semble, à ce que la matière n'est pas pure; car il y a des lamelles très-fines de disthène blanc ou à peine coloré, qui sont engagées d'une manière très-intime entre les feuillets de la roche.

La nachrite, ainsi que je l'ai déjà fait observer, ressemble beaucoup à la Damourite sous le rapport des propriétés physiques et chimiques; il en est de même de plusieurs autres substances analysées dans ces derniers temps par M. Schafhäutl, et qui paraissent de plus avoir un gisement analogue. (Rammelsberg, 2e supp., Talkschiefer.)

Ainsi il a trouvé dans le schiste du Saint-Gothard :

Silice.	50,20
Alumine.	35,90
Oxyde de fer. .	2,36
Soude.	8,45
Eau.	2,45
	99,36

Je pense que si ces résultats ne permettent pas d'arriver à une formule simple et différant autant de ceux qui ont été obtenus, soit dans l'analyse de la damourite de Pontivy, soit dans l'essai qui précède, cela doit être attribué à l'impureté de la matière sur laquelle l'analyse a été exécutée. Je serais également porté à croire que la substance du Zillerthal, en Tyrol, appelée *margarodite* (1) par M. Schafhäutl, et dans laquelle il a trouvé :

Silice.	47,05
Alumine.	34,90
Oxyde de fer. .	1,50
Magnésie. . . .	1,95
Potasse.	7,96
Soude.	4,07
Eau.	1,45
	98,88

paraît pouvoir être représentée par la même formule générale que la damourite.

Il me semble que la damourite doit surtout être rapprochée des minéraux de la famille des micas, qui lui ressemble par l'aspect ainsi que par un grand nombre de propriétés physiques; des recherches nouvelles pour fluor, m'ont appris en effet que la damourite en contient une petite quantité, car, en la chauffant fortement à la lampe d'émailleur, d'après le procédé de M. H. Rose, après l'avoir mise dans un tube fermé, un léger

(1) Rammelsberg. Handwörterbuch, 2e suppl., p. 58.

anneau blanchâtre de silice vient se déposer à une petite distance.

Un dosage spécial de fluor fait au moyen d'une attaque par le carbonate de soude, exécutée sur 1g,2 de damourite de Pontivy m'a donné : *fluor*... 0,0016. Ce dernier nombre doit sans doute être déduit de la quantité d'eau 5,25 trouvée antérieurement dans les analyses de damourite (*Voir* Annales de chimie et de physique de 1845); car dans la calcination le fluor s'est probablement dégagé avec l'eau à l'état d'acide fluorhydrique ou de fluorure de silicium; c'est même, indépendamment de ce qu'il existe en très-petite quantité, la cause qui avait empêché d'abord de reconnaître sa présence; car, dans une recherche faite par le carbonate de soude, on avait opéré sur le minéral calciné.

Le fluor entre en trop petite quantité dans la damourite pour qu'il soit possible d'en tenir compte dans la formule; de même que dans certains micas, il paraît hors de doute qu'il joue un rôle important et qu'il forme un des principes constituants du minéral, mais jusqu'à présent son rôle est assez obscur; je pense donc qu'il convient de conserver pour la damourite la formule que j'ai déjà proposée :



$$\dot{K}\,\dddot{Si} + 3\,\dddot{Al}\,\dddot{Si} + 2\dot{H},$$

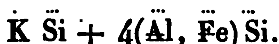
ou bien



$$K\,\ddot{Si}^3 + 3\,\ddot{Al}\,\ddot{Si} + 2\dot{H}.$$

Quelques micas à 2 axes à base de potasse ont à peu près la même composition; ainsi en ne tenant pas compte de la quantité d'eau qui a toujours été

trouvée beaucoup moindre que dans la damourite, M. H. Rose a donné pour une série de micas qu'il a analysés la formule :



Pour les micas à deux axes de Broddbo et d'Abborfordss, M. Svanberg (1) a proposé d'autres formules dans lesquelles il fait entrer la quantité d'eau.

En résumant ce qui précède, on voit que la damourite est un minéral assez répandu dans la nature et ayant quelque importance géologique puisqu'il se rencontre dans la plupart des terrains qui contiennent le disthène et la staurotide; de plus, par ses propriétés physiques et chimiques elle paraît appartenir à la grande famille des micas à deux axes dans laquelle elle formerait une espèce minérale particulière.

(1) Rammelsberg Handwœrterbuch. — Glimmer.

SUR LA SISMONDINE;

Par M. ACHILLE DELESSE, ingénieur des mines.

La *sismondine* est un minéral nouveau provenant de Saint-Marcel en Piémont, dont j'ai donné la description dans les Annales de chimie et de physique (1). M. Bertrand de Lom ayant depuis cette époque mis à ma disposition des échantillons de *sismondine* parfaitement purs et surtout bien exempts de fer titané, j'ai repris l'examen et l'analyse chimique de ce minéral.

Il forme de grandes lamelles cristallines d'un vert noirâtre qui sont distribuées dans le schiste chloritique avec grenats dodécaèdres rouges et qui s'entre-croisent d'une manière variée : ces lamelles ne m'ont pas présenté de cristaux définis, on y observe seulement deux directions de stries correspondantes à deux clivages faciles, quoiqu'ils le soient beaucoup moins que celui suivant la face lamelleuse : la moyenne de plusieurs mesures de cet angle plan m'a donné 79° 1/2. Quand on brise les lamelles on les clive constamment suivant un prisme qui est le *prisme oblique à base de parallélogramme.*

Soit P la face lamelleuse du prisme que je prendrai pour base inférieure; soient M et T les deux faces latérales placées à droite et à gauche de l'angle aigu 79° 1/2 qui appartient au parallélogramme de la base : on observe que le clivage est extrêmement facile suivant P ou P', qu'il a beaucoup

(1) Décembre 1843, t. IX.

d'éclat et qu'il réfléchit bien la lumière ; regardé suivant P P′ le cristal paraît opaque ou seulement translucide lorsque la face P est très-mince. Suivant M et T, au contraire, on a une cassure résineuse peu nette qui réfléchit très-mal la lumière ; regardé suivant MM′ ou TT′ le cristal est fortement translucide lors même que le prisme de clivage a plusieurs millimètres de dimension ; la couleur est le vert olive clair.

Bien que les faces MM′ et TT′ paraissent à peu près également translucides, il est facile de reconnaître qu'elles sont cependant de nature différente ; car la face T a une cassure résineuse comme M, mais elle est beaucoup plus inégale, et en formant par le clivage une série de prismes, il ne nous a pas été possible de mesurer P—T ; on distingue du reste, à la simple vue, que P—T doit être plus obtus que P—M : on ne peut donc pas rapporter la sismondine au système de prisme rhomboïdal oblique (1).

La mesure des petits prismes de clivage a été effectuée à la lumière avec le goniomètre de Wollaston ; mais comme la cassure de M et de T est rarement plane et qu'on ne peut distinguer les objets par réflexion que sur la face P, tandis qu'on voit à peine une lueur pour les autres faces, il n'a pas

(1) Indépendamment des deux clivages parallèles aux faces M, M′, et T, T′, il paraîtrait qu'il y en a deux autres parallèles aux plans diagonaux du prisme : il semblerait résulter de mesures d'angles plans, qui sont cependant très-incertaines et qui ont été faites par M. Descloizeaux et par moi, que la diagonale P, passant par l'angle de 79° 30′, fait avec les côtés du parallélogramme des angles de 36° et de 44° ; tandis que l'autre diagonale diviserait à peu près l'angle supplémentaire de 100° 30′ en deux parties égales.

été possible dans la mesure des angles dièdres de s'assurer de l'horizontalité de l'arête; les résultats obtenus peuvent donc comporter des erreurs de plusieurs degrés, surtout celui relatif à la face T. On a trouvé :

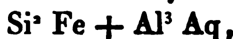
$$P - M = 94°. \qquad M - T = 84° ?$$

Le seul résultat du reste qu'il importe de constater, c'est que la sismondine cristallise dans le système du *prisme oblique à base de parallélogramme* dont les principaux éléments de la forme primitive sont ceux qui précèdent.

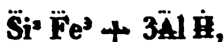
Pour l'analyse, j'ai attaqué par l'acide hydrochlorique 1 gramme de matière cristallisée bien pure, et j'ai obtenu :

		Oxygène.	Rapports.	Calcul.
Eau.	7,24	0,064	1	7,124
Silice.	24,10	0,123	2	24,381
Alumine.	40,71	0,190	3	40,680
Protoxyde de fer.	27,10	0,062	1	27,815
	99,15			100,000

En jetant les yeux sur le tableau qui résume les résultats de l'analyse, on voit que les quantités d'oxygène sont entre elles comme les nombres simples 1, 2, 3, et la *sismondine* peut être représentée par la formule



ou



ou bien encore



La formule est du reste bien d'accord avec l'analyse.

Indépendamment de toute idée théorique sur la composition chimique de la silice, ce nouveau minéral pourrait donc être considéré comme formé d'une combinaison de *pyroxène à base de fer* avec du *diaspore*.

Dans la première description que j'ai donnée de la *sismondine* j'avais indiqué, en faisant cependant toutes les réserves nécessaires, qu'il était possible qu'elle fût identique avec le chloritspath de Fiedler, analysé par M. Erdmann. M. Gerathewohl a depuis refait l'analyse de M. Erdmann et a obtenu les mêmes résultats. Il me semble toutefois que le procédé employé par ces chimistes pour débarrasser le minéral de l'oxyde de fer, de l'alumine, ainsi que des autres matières étrangères qui l'accompagnent, et qui consiste à le mettre en digestion avec de l'acide hydrochlorique étendu, après l'avoir porphyrisé, laisse quelque chose à désirer; car, d'une part, l'hydroxyde de fer naturel ne se dissout qu'avec difficulté dans l'acide hydrochlorique faible, et d'une autre part l'hydrate d'alumine natif ou diaspore ne s'y dissout pas du tout, celui de Sibérie n'est même pas soluble dans l'acide sulfurique, ainsi que cela résulte d'essais qui ont été faits par M. Damour : de plus, ne serait-il pas possible qu'un silicate aussi pauvre en silice que celui analysé par M. Erdmann eût été décomposé même par de l'acide hydrochlorique faible?

Quant au *chloritoïde* qui, d'après M. de Bonsdorff, doit être identique au *chloritspath* de M. Erdmann, j'ai eu l'occasion d'en voir depuis, dans la collection de l'École des mines, un échantillon qui a été rapporté de l'Oural par M. Le Play, et je me suis assuré d'abord qu'il contient bien la

quantité d'eau indiquée par M. de Bonsdorff; un essai m'a donné 6,92 pour o/o. C'est à peu près la quantité trouvée pour la sismondine, à laquelle il ressemble beaucoup; il aurait seulement une couleur verte plus claire, et il paraîtrait mélangé d'oxyde de fer et peut-être de chlorite ou d'hydrosilicate d'alumine de fer et de magnésie ; comme la chlorite accompagne la sismondine de Saint-Marcel, si l'on admet qu'il y ait mélange et qu'on retranche la chlorite correspondante à la magnésie trouvée dans l'analyse de M. de Bonsdorff, on aura pour le *chloritoïde* des résultats qui s'approcheront beaucoup de ceux obtenus pour la sismondine. Toutefois ces deux substances diffèrent trop dans leurs propriétés physiques et sont cristallisées d'une manière trop imparfaite pour qu'il soit possible de décider à l'aide des échantillons dont j'ai pu disposer si elles appartiennent à la même espèce minérale.

L'examen de quelques collections de minéralogie m'a, du reste, fait rencontrer la *sismondine* dans une chlorite verte compacte, provenant d'Oberwald, en Tyrol, où elle était accompagnée de quelques lamelles de talc argenté, verdâtre, confusément cristallisé ; je l'ai trouvée aussi sur des échantillons de localité inconnue, mais dont la gangue paraissait être la même que précédemment; elle a quelquefois un éclat semi-métallique, et on pourrait la prendre pour du fer oligiste un peu terne, formant des lamelles fines répandues dans de la chlorite; mais la couleur de sa poussière, qui est d'un vert grisâtre clair, la fait reconnaître immédiatement.

NOTICE NÉCROLOGIQUE

Sur M. Voltz, inspecteur général des mines;

Par M. F. GARNIER, inspecteur général des mines.

La fin prématurée de M. Voltz a été, pour le corps des mines, une perte à laquelle ses membres ont donné de vifs regrets. C'était un devoir sacré pour nous, qui l'avons aimé dès l'époque de notre entrée commune à l'Ecole polytechnique, de rappeler à la mémoire de nos camarades la vie et les travaux de cet homme de bien, de cet ingénieur distingué.

Né à Strasbourg, le 15 août 1785, M. Voltz (Louis-Philippe) dut à l'économie qu'apportèrent ses parents dans leur modeste et difficile existence les moyens d'acquérir l'instruction que l'on exige des jeunes gens qui se destinent à l'Ecole polytechnique. Sachant que le travail pouvait seul lui réserver un avenir assuré, il profita des soins et des conseils du savant professeur Arbogast, et entra dans cette célèbre école en 1803. Ce fut alors qu'après avoir entendu les premières leçons des Fourcroy, des Vauquelin, des Guyton, il se destina à la carrière des mines. Reconnu susceptible d'être admis à l'Ecole des mines à la fin de 1805, il se trouva néanmoins dans l'obligation de prolonger son séjour de quelques mois à l'Ecole polytechnique, l'administration des mines n'ayant pu disposer, en 1805, que des fonds nécessaires à l'admission de deux élèves. Il savait que les cours qu'on professait à l'Ecole d'application com-

menceraient au printemps de 1806, et il sollicita d'être reçu élève des mines, sans traitement, dès le mois de février suivant. Cette faveur, qu'il n'obtint qu'après de vives instances et qu'en s'imposant de nouvelles privations, le combla de joie, parce que sa position du moment, loin d'être pour lui un motif de découragement, le stimulait, ainsi qu'il le répétait souvent, à sacrifier à un travail quotidien et opiniâtre toute espèce de distractions et de plaisirs. Sa santé, faible et délicate, eût été, pour tout autre, un obstacle à de constantes occupations; mais tels étaient son aptitude et son courage au travail, qu'il s'inquiétait peu de son état de santé. La satisfaction qu'il éprouvait d'ailleurs d'avoir mis à profit plusieurs heures qu'il aurait dû consacrer au repos, lui rendait bien légères les premières atteintes d'affections auxquelles, dans un âge plus avancé, il n'a pu résister.

Immédiatement après avoir terminé ses études à l'Ecole des mines de Moutiers, il fut mis à la disposition de M. Schreiber, ingénieur en chef et directeur de cette école. Ce digne chef, si habile dans la pratique de l'art des mines, le chargea de se livrer à la recherche des gîtes métallifères que pouvait renfermer la partie de la Tarentaise dont les minerais devaient être traités dans la fonderie centrale de Conflans.

Ce travail d'exploration rentrait trop exclusivement dans les goûts de M. Voltz pour qu'il ne s'y adonnât pas avec ardeur. Malheureusement sa faible santé s'opposait à la réalisation du désir qui le dominait, de tout voir, de tout examiner; et les fatigues, inséparables des courses qu'il était obligé d'entreprendre, lui firent entrevoir la triste

nécessité de ne pas aller au delà, dans le cours de sa vie, de ce que pouvait permettre l'exercice d'un prudent régime. Par suite des conseils de son médecin, il se résigna à solliciter de M. le comte Laumond, alors directeur général des mines, un congé de deux mois qu'il passa dans sa famille, et obtint de lui la promesse de ne point être appelé à un poste d'ingénieur dans les montagnes des Alpes, où l'air qu'on respire ne pouvait que lui être contraire. A l'expiration de son congé, il fut envoyé en mission près de M. l'ingénieur en chef Blavier pour coopérer, sous ses ordres, à la régularisation des exploitations des mines de la province de Liége. Cette mission fut, pour M. Voltz, l'occasion de suivre l'exécution de grands travaux de mines, et elle le mit à même, conjointement avec son collègue M. de Gargan, aujourd'hui copropriétaire des beaux établissements d'Hayange, de pouvoir diriger l'exécution des premiers et difficiles travaux de recherches des mines de sel gemme de Vic.

Après un séjour de deux ans en Belgique, il fut chargé, à partir du mois d'août 1814, du service des mines et usines dans une partie du neuvième arrondissement minéralogique, composé des départements du Bas-Rhin, de la Meurthe et des Vosges; puis encore, quelque temps après, de celui des départements de la Haute-Saône, du Haut-Rhin et de la Moselle. Ce service exigeait, de sa part, une grande activité; il suffit à tout, et l'administration s'est plu souvent à reconnaître son zèle et son dévouement, et à lui en témoigner sa satisfaction. M. Voltz se rendait plusieurs fois, chaque année, dans les diverses parties de son arrondissement, et ne négligeait jamais de re-

cueillir les données qui l'ont mis plus tard à même de bien faire apprécier la constitution géologique des diverses masses minérales dont sont composées les montagnes des Vosges, ainsi que celles qui, situées à l'ouest de ces dernières, constituent une partie des terrains de la Moselle, de la Meurthe et de la Haute-Saône. Il se préparait ainsi à établir, sur des faits positifs, les rapports de ces divers terrains avec ceux qui leur sont analogues en Angleterre et en Allemagne. L'on reconnaît, à la lecture du mémoire de géologie dans lequel il a décrit, en 1813, la constitution des terrains salifères des environs de Vic, tout le fruit qu'il avait retiré de l'étude des terrains de ces deux pays.

Ce mémoire offrait, au moment où il a été publié, un intérêt de circonstance tout particulier; il se liait à la découverte toute récente des mines de sel gemme de la Meurthe, sur lesquelles on ne pouvait avoir de données positives qu'en en étudiant le gisement avec celui des terrains qui leur sont associés. Ce mémoire fut suivi de celui qui est intitulé : *Topographie minéralogique de l'Alsace*, et sur lequel nous reviendrons dans peu d'instants.

M. Voltz, pendant le temps qu'il fut chargé du service des huitième et neuvième arrondissements minéralogiques, se livra à l'étude de tout ce qui a trait à l'art des forges. Familier avec la langue allemande, il eut la facilité d'accroître ses connaissances en métallurgie, en se nourrissant des ouvrages que des hommes spéciaux ont publiés en cette langue.

Toujours empressé de faire participer nos maîtres de forges à la pratique des méthodes qui

étaient adoptées dans des usines situées au delà du Rhin, M. Voltz saisissait avec un empressement sans égal les moyens d'être au courant des plus minutieux détails qui pouvaient rendre facile l'application de ces méthodes. Il fit connaître, en 1833, l'application qne l'on avait introduite, dans le Wurtemberg, de la belle découverte qui prit naissance en Ecosse vers 1830, de l'alimentation des hauts-fourneaux au moyen de l'air chaud. M. le directeur général des ponts et chaussées et des mines le chargea, en effet, de se rendre à l'usine royale de Wasseralfingen, en même temps qu'il donnait mission à deux autres membres du corps des mines, MM. Dufrénoy et Gueymard, d'étudier les procédés de l'application de l'air chaud, tant dans les usines d'Ecosse et d'Angleterre, que dans les fonderies et forges de Vienne, département de l'Isère.

M. Voltz n'a pas cru, sans doute à cause de la découverte encore peu connue dont il avait à constater les résultats, devoir hasarder d'opinion sur les causes auxquelles sont dus les effets de l'air chaud; et, dans sa notice sur l'usine de Wasseralfingen, que renferme le tome IV des Annales des mines de l'année 1833, il s'en est tenu à une description détaillée du procédé et des appareils en usage dans cette usine. Elle ne laissa rien à désirer, et mit le lecteur parfaitement à même d'apprécier dans tous ses détails les procédés relatifs à l'emploi de l'air chaud. MM. de Kerner, président du conseil des mines de Stuttgard, et Favre du Faur, lui en facilitèrent les moyens avec une rare bienveillance. Par cette notice, les maîtres de forges apprirent avec l'intérêt qui s'attachait à l'application d'un procédé tout nouveau, et dont

les effets étaient si inattendus, que, comme en Écosse, on obtenait en Wurtemberg une économie dans la consommation du combustible et un accroissement dans la production de la fonte.

M. Voltz profita de la mission qui lui ava t été donnée de se rendre à Wasseralfingen pour étudier en même temps les effets des creusets puisards qui, dans plusieurs usines de l'Allemagne, sont annexés aux hauts-fourneaux, et dont les maîtres de forges de France ne connaissaient pas encore l'usage. Il publia les résultats qu'on en obtenait, dans le tome VIII de la troisième série des Annales des mines pour l'année 1835; et les propriétaires des forges du Bas-Rhin annexèrent de semblables creusets à leurs hauts-fourneaux de Niederbronn et de Zinswiller. Après quelques essais, ils constatèrent des avantages analogues à ceux que M. Voltz leur avait fait pressentir.

Les connaissances qu'il avait acquises en géologie, en minéralogie et en zoologie, le portèrent à réaliser le projet qu'il avait conçu depuis longtemps, de disposer, d'après un ordre tout nouveau, les collections d'histoire naturelle de l'Académie de Strasbourg; personne n'était plus propre que lui à leur donner l'importance qu'elles ont reçue; et lorsque la ville fit l'acquisition du Musée, il y eut unanimité pour l'appeler à faire partie du conseil d'administration. Grâces à ses soins, à son zèle, à ses généreux efforts, ces collections prirent bientôt un développement remarquable; et c'est avec raison que l'un de nos collègues, M. Dufrénoy, en faisant connaître à la Société géologique de France les travaux de M. Voltz, disait que, par ses soins, l'Académie de Strasbourg était devenue « une espèce de congrès scientifique per-

manent, où les minéralogistes et les géologues de France et de l'Allemagne venaient constamment puiser des lumières. » Il fut l'un des fondateurs de la Société d'histoire naturelle de cette ville, ainsi que du recueil scientifique qu'elle publie; et toujours mû par le désir d'être utile à ses concitoyens, il ouvrit à l'Académie, d'après l'autorisation qu'il en reçut de M. le ministre des travaux publics, un cours de géologie et de minéralogie que continue avec succès le jeune ingénieur des mines chargé du service du Bas-Rhin, et que la Faculté des sciences de Strasbourg compte au nombre de ses membres.

Les Mémoires et Notices que M. Voltz a fait insérer dans les Annales des mines ont été précédés ou suivis d'un plus grand nombre, qui ont été l'objet de publications, tant dans les Mémoires de la Société d'histoire naturelle de Strasbourg, le Journal périodique de M. Léonhard, professeur à l'Université de Heidelberg, que dans les journaux l'Institut et le Jahrbuch. Plusieurs de ces mémoires ont reçu l'approbation des naturalistes, et sont une preuve de la laborieuse constance qu'apportait M. Voltz à se livrer à des recherches qu'il pensait pouvoir être utiles à la science. Son Mémoire sur la structure des bélemnites, et qui, nonobstant les travaux de plusieurs naturalistes, était encore alors peu connue, n'a été publié, en 1830, qu'après qu'il eut eu procédé à l'examen de plus de mille échantillons fossiles de cette espèce.

Dans une de ses plus importantes publications, dans celle qui a paru à Strasbourg en 1828, sous le titre que j'ai déjà énoncé, *de la Topographie minéralogique de l'Alsace*, il a reconnu qu'il

était nécessaire, pour échapper à toute confusion dans la classification des roches, d'en faire deux grandes divisions : l'une, comprenant les roches stratifiées ; l'autre, celles qui ne le sont pas. Au nombre de ces dernières, il a compris, et les roches cristallines et les roches fragmentaires. Cette division devait être la base de son cours de géologie à la faculté des sciences de Strasbourg. Le mémoire que nous signalons ici est remarquable par l'exactitude de la description des terrains de l'Alsace, et par le soin qu'il a apporté à préciser, autant que la science géologique le permettait, les rapports de liaison et d'âge qui paraissent exister entre eux.

La stratification des roches et leur inclinaison plus ou moins prononcée dans les pays de montagnes ont été souvent l'objet de ses méditations, et il a émis, sur ce grand phénomène, des considérations intéressantes dans une notice qui fait partie du tome 1er des Mémoires de la Société d'histoire naturelle de Strasbourg. Le redressement des roches lui paraissait un fait intimement lié à l'histoire de leur soulèvement, et c'est en recherchant les conséquences d'un redressement qu'il suppose s'être opéré dans un sol plat, composé de strates horizontales de lias recouvrant, à stratification concordante, un terrain houiller, qu'il fait voir comment les terrains à strates redressées sont souvent susceptibles de présenter des apparences illusoires d'alternances de stratification.

Toutes les parties de l'Alsace ont été, à différentes époques, l'objet des recherches de M. Voltz; celles qu'il a entreprises sur le grès bigarré de Soultz-les-Bains, ont mis à même MM. Ad. Bron-

gniard et Hermann de Meyer de nous faire connaître des plantes fossiles et des animaux vertébrés qui nous étaient inconnus. Ces deux naturalistes ont joint, au nom de ces anciens êtres organisés, le nom du savant qui le premier les a livrés à leurs études. C'est ainsi qu'une espèce de Saurien du grès bigarré de cette localité, et un genre de plantes que l'on y rencontre fréquemment, ont passé, dans la science, sous les noms de *Ondontosaurus Voltzii* et de *Voltzia brevifolia*. De telles dénominations sont une douce et bienveillante marque de souvenir qu'ont voulu perpétuer, en faveur de M. Voltz, des hommes qui, comme lui, ont constamment cherché leur jouissance exclusive dans les sciences, qu'il cultivait avec tant d'ardeur et de succès.

Les notices qu'il a rédigées sur les sources d'eaux minérales de Soultz-les-Bains, ses observations sur les végétaux fossiles, et celles qui sont relatives au bradford-clay, seront constamment consultées avec tout l'intérêt que commandent les autres travaux que notre collègue a livrés à la publicité.

En minéralogie, il a aussi fait insérer plusieurs mémoires dans des recueils allemands principalement sur la cristallographie, et il s'occupait, à ces derniers moments, d'un travail important sur la classification minéralogique qui reposait, en grande partie, sur les caractères extérieurs des minéraux. Les nombreuses notes, dans lesquelles étaient consignées ses idées sur cette classification méthodique, n'ont pu être retrouvées à sa mort; et l'on n'a, de cette méthode, que le souvenir qu'en a conservé notre collègue, M. Dufrénoy, par suite des communications que lui en avait faites,

de vive voix, M. Voltz. C'est un sujet de regrets que la perte de tous les éléments d'un tel travail. La publication qu'il se proposait d'en faire eût été sans doute pour lui un nouveau titre à l'estime et à l'amitié de ses camarades. La carte géologique du département du Bas-Rhin, à la confection de laquelle il avait consacré tant de veilles et qu'il était sur le point de terminer, n'a pu de même être retrouvée.

M. Voltz fut nommé membre de la Légion d'honneur, le 3 mai 1831, et ingénieur en chef des mines de première classe, le 1er novembre 1833. Satisfait de sa position, il partageait son temps entre les travaux administratifs et l'étude des sciences naturelles qui sont du domaine de l'art des mines. Ses heures de loisir s'écoulaient auprès de quelques amis de sa jeunesse. Il vivait avec ses vieux parents, et rien n'était plus touchant que le culte d'amour filial que cet excellent homme leur avait voué. La mort de sa mère, arrivée en 1828, l'accabla de chagrin et porta une nouvelle atteinte à sa faible santé. Resté seul avec son père, il l'entretenait, pour consoler ses derniers jours, de son désir de conserver la résidence de Strasbourg; mais, en 1832, sa vie fut douloureusement troublée : il avait embrassé, avec énergie, les principes de la révolution de 1830, et l'expression de ses pensées, sur les mesures qui lui paraissaient devoir être prises par le nouveau gouvernement sous lequel les journées de juillet avaient placé la France, le rendit l'objet d'injustes dénonciations. Elles eurent pour conséquences de lui faire assigner, le 11 janvier 1832, la résidence de Clermont en Auvergne. Le grand âge de son père, l'existence de ce vieillard, à laquelle son fils pou-

vait seul subvenir, la presque impossibilité de supporter, à quatre-vingt-huit ans, les fatigues d'un long voyage, déterminèrent notre camarade à se résigner sans hésitation à tous les sacrifices plutôt que de l'abandonner. Le ministre des travaux publics entendit ses justifications et il considéra, peu de temps après l'avoir prononcé, son changement de résidence comme non avenu.

M. Voltz dut, en grande partie, sa réintégration dans les huitième et neuvième arrondissements minéralogiques, à de pressantes sollicitations de personnes des départements de l'Est haut placées dans les sciences et l'industrie. Il ne peut qu'être honorable à sa mémoire de citer les paroles que M. Champy, au nom des exploitants des mines et des maîtres de forges du département des Vosges, a adressées, en sa faveur, à M. Bérard, alors directeur général des ponts et chaussées et des mines.

« Propriétaire des forges et mines de Framont et de Rothau, je désire le maintien, dans sa résidence actuelle, de M. Voltz. La majeure partie des travaux considérables de recherches entrepris dans mes mines l'ont été sur son indication et, pour ainsi dire, sous sa direction continuelle. Cette considération, jointe aux sentiments d'estime personnelle que nous professons tous pour M. Voltz, m'a déterminé, monsieur le directeur général, à vous transmettre le vœu de nos confrères du département; nous nous plaisons à croire que vous y aurez égard, et que vous contribuerez à nous conserver, comme ingénieur en chef des mines, M. Voltz que nous estimons et chérissons à juste titre. Il peut seul rendre à son administration, comme à l'industrie manufacturière dont

tous les jours on exige davantage, des services qui la mettent à même de suffire à ce qu'on lui demande. »

Les représentants à la Chambre des députés des départements du Bas-Rhin et du Haut-Rhin s'empressèrent aussi de porter, à la connaissance du ministre, les motifs qui leur faisaient désirer que M. Voltz ne fût pas déplacé. « Nous nous affligeons de ce déplacement, disaient-ils, encore beaucoup moins pour lui que pour nos commettants. »

Un tel ensemble d'éloges et de sollicitations, en faveur de M. Voltz, est un hommage que lui ont valu, pendant sa vie, un noble caractère et un dévouement plein d'abnégation à provoquer, comme membre du conseil municipal de la ville de Strasbourg et des commissions des hospices et des établissements de bienfaisance qu'elle renferme, toutes les mesures qui pouvaient tendre à améliorer la position des classes pauvres et malheureuses de cette importante cité.

M. le sous-secrétaire d'État des travaux publics, juste appréciateur de sa haute capacité et de ses services, sollicita et obtint, pour M. Voltz, en décembre 1836, le grade d'inspecteur adjoint au corps royal des mines et, en mai 1837, la croix d'officier de la Légion d'honneur. Le nouveau grade auquel il venait d'être promu, quelque honorable qu'il lui parût, n'aurait pu néanmoins le tenter, s'il avait fallu qu'il en exerçât les fonctions pendant que ses soins étaient encore utiles à son vieux père; mais la mort le lui ayant ravi peu de temps avant qu'il n'obtînt le nouvel avancement que plus de trente années de services lui avaient mérité, il quitta Strasbourg et vint prendre part, en se fixant à Paris, aux travaux du conseil

général des mines. Il s'y fit particulièrement connaître par cet esprit de justesse qui, sous de simples paroles, apparaissait toujours en lui lorsqu'il était appelé à émettre un avis motivé sur les affaires dont le conseil avait à s'occuper.

Dans les courts intervalles de temps que lui laissaient de libres ses travaux habituels, il revenait à ses études de prédilection, à la géologie, à la minéralogie et à la paléontologie. Il a fait une application utile de ces diverses branches de l'histoire naturelle, principalement en ce qui concerne les coquilles, à la classification des collections que possède l'École royale des mines de Paris, et à laquelle il a pris une grande part. Cette application révèle la sagacité toute spéciale dont il était doué pour parvenir à la détermination des caractères d'après lesquels doivent être classés en genres et en espèces ces animaux fossiles. M. Voltz, tout en s'adonnant de préférence à l'étude de ces sciences, se tenait néanmoins toujours au courant des autres parties de l'art des mines. L'un de ses derniers et plus importants rapports à l'administration fournit, en effet, la preuve de ses profondes connaissances en ce qui concerne l'art des forges. Ce rapport, qui lui a été demandé en 1837, est relatif à des modifications que devaient subir des droits d'entrée, qui alors étaient établis sur les fontes blanches miroitantes du pays de Siegen, grand duché du Rhin, et dont sont presque exclusivement alimentées les aciéries de Sarralbe et de Baerenthal situées dans la Moselle. Cette modification de droits, dans l'opinion de la chambre de commerce de Strasbourg, et de l'administration des douanes, ne pouvait être accordée, sous le prétexte qu'il n'exis-

tait pas de moyens certains de distinguer les fontes blanches des bords du Rhin de celles qui ne sont employées que pour fer. M. Voltz fit voir que cette opinion ne pouvait être soutenue. Il envisagea la question sous toutes ses faces, s'occupa de la nature physique et chimique des fontes miroitantes, des circonstances sous lesquelles elles se produisent, et déduisit de cet examen des conséquences opposées à celles qui avaient été émises. Tout, dans l'opinion de M. Voltz, était précis, et il fut chargé de rédiger une instruction pour les directeurs des bureaux de douanes de Strasbourg et de Forbach, qui pût les mettre à même de distinguer, parmi les fontes étrangères, celles qui, provenant du grand duché du Rhin, jouissent, sous le nom de fontes blanches miroitantes, de propriétés qui les rendent particulièrement propres à la fabrication de l'acier.

Les idées de M. Voltz sur la constitution intime des diverses natures de fonte de cette partie de l'Allemagne provenaient d'une étude toute spéciale qu'il avait faite, sur les lieux mêmes de production, du travail de la fonte et du fer provenant des minerais spathiques des environs de Siegen, et de la lecture d'un mémoire fort intéressant sur ces fontes et minerais, que l'on doit à M. de Karsten. Ce mémoire a été traduit de l'allemand par M. Voltz, et a été inséré par extrait dans les Annales des mines pour l'année 1838.

Depuis cette époque, sa santé s'est de plus en plus affaiblie; cependant, bien qu'il eût été obligé de s'abstenir de prendre part aux travaux du Conseil des mines pendant les étés de 1838 et de 1839, pour se rendre en Suisse, aux eaux

de Louèche, ses collègues avaient l'espérance qu'il pourrait longtemps encore les éclairer de ses conseils et de son expérience. Vain espoir! le 6 février 1840, il éprouva, au milieu d'une séance du Conseil général des mines, une légère indisposition, qui parut d'abord de nature à céder aux premiers soins de son médecin; mais quelques jours s'étaient à peine écoulés que les effets en devinrent de plus en plus alarmants; et, six semaines après, nous avions la douleur de le conduire à sa dernière demeure.

La vie de notre bon et estimable camarade a été tout entière consacrée à l'étude de l'art de l'ingénieur; et l'on peut dire que les distractions du monde n'ont point existé pour lui. Son caractère s'était, par suite, soustrait à l'exigence de ces formes d'usages qui, trop souvent peut-être, portent des personnes, douées d'ailleurs de nobles sentiments, à n'émettre leur opinion, lorsqu'elle peut ne pas être partagée de tous, qu'avec de certains ménagements qu'on ne saurait néanmoins taxer de faiblesse. M. Voltz, plein d'une profonde conviction de la vérité des pensées qui le dominait, les exprimait, sans hésiter, en un langage simple, franc, sans détour, mais qui parfois pouvait paraître empreint d'un mécontentement que provoquaient des mœurs et des usages qu'il jugeait peu en rapport avec la pratique d'une sévère probité. Cette disposition d'esprit n'était, au reste, qu'une nouvelle preuve de la délicatesse et de la loyauté de son caractère; et jamais elle n'a mis d'obstacle à ce que des relations intimes s'établissent entre lui et ceux qui connaissaient la pureté des sentiments dont son cœur était rempli. Aussi est-ce pour nous un besoin de rappeler,

en terminant cette notice, combien il a été digne de la sympathie dont ses amis et ses camarades l'ont constamment honoré.

NOTES

Sur les mines et fonderies du midi de l'Espagne (suite) (1).

Par M. PERNOLLET.

Avant de poursuivre ces notes dans l'ordre que j'ai adopté, j'ai à revenir un instant sur la première partie (2), pour ajouter quelques détails relatifs à la production des principales mines de la Sierra Almagrera, ou mieux du *Baranco Jaroso*, ravin qui recèle toutes les mines productives de cette petite chaîne.

Il y aurait aussi à rectifier quelques erreurs essentielles de plume ou d'impression : ce sera l'objet d'un errata placé à la fin de l'appendice qui termine cette partie, page 467.

La production mensuelle des six mines ouvertes sur le filon principal était, pendant l'été de 1845, de 2.650.000 kilogrammes environ de minerai propre à la fusion. Cette production pouvait être répartie entre les différentes mines de la manière suivante que j'établis, partie d'après des indications directes, partie d'après le nombre des ouvriers occupés par chacune des mines.

Voir le tableau ci-contre, p 254.

(1) et (2). Voir Ann. des mines, 4e série, tome IX, p. 35.

DÉSIGNATION DES MINES.	QUANTITÉ de minerai.	NOMBRE d'ouvriers.
	kilog.	
Carmen et partie de Animas.	1.200.000	700
Observacion.	620.000	350
Esperanza et Diosa	680.000	400
Estrella	150.000	90?

Par an, cela fait, en tout, 32.000.000 kilog.

La teneur moyenne était, en 1845, de 115 grammes d'argent par 100 kilog., comme on l'a vu précédemment, il résulterait, de là que la production mensuelle des mines du Jaroso devait être de 3.000 kilog. d'argent, chiffre double de celui qui a été inséré, par erreur, dans la première partie de ces notes : soit, pour une année, 36,000 kilog., valant 7.848.000 fr.

Le tableau suivant, dressé d'après des indications que j'emprunte au troisième n° de la Revue britannique de 1845, donnerait à croire que la production des mines du Jaroso a reçu un grand développement pendant le cours de cette année.

DÉSIGNATION DES MINES.	PRODUCTION totale en arrobes.	PRODUCTION ANNUELLE en arrobes.	PRODUCTION ANNUELLE en kilogram.	PRODUCTION mensuelle en kilogr.
Carmen en 4 ans. . . .	1.500.000	375.000	4.312.500	359.000
Observacion en 3 ans. .	1.100.000	366.666	4.216.660	351.000
Esperanza en 2 ans. . .	707.000	353.000	4.059.500	338.000
Estrella en 1 an. . . .	80.000	80.000	920.000	77.000

On voit que ces derniers chiffres, rapprochés de ceux du tableau précédent, accusent, pour 1845, une extraction double de ce qu'elle était avant cette année. Il n'y a pas lieu d'en être surpris. De 1843 à 1845, la teneur des minerais s'étant trouvée réduite de 220 grammes à 115, les exploitants n'ont pu soutenir leurs bénéfices qu'en augmentant la production; ce que l'état d'avancement des travaux souterrains a dû permettre sans difficulté.

Peut-être même l'accroissement de production a-t-il été plus considérable, car, si les indications fournies pour 1845 résultent de différents renseignements qui semblent se vérifier les uns les autres, et mériter, par suite, une certaine confiance, je dois dire qu'elles sont en désaccord avec d'autres renseignements, puisés aussi à bonne source, et que j'aurais regardés comme authentiques, si je n'avais pas eu de moyens de contrôle.

Ainsi, le principal propriétaire de l'Observacion, qui possède en même temps la fonderie la plus importante du pays, m'a assuré qu'il revenait par deux mois, à chaque action de l'Observacion :

150	à	200	quintaux de	*recio*,
3000	à	4000	—	de *garbillo primero*,
3000	à	4000	—	d'*ultimas*.
6150	à	8200		

Il y a 13 actions 1/2; ce serait donc, en somme, 83.000 à 110.000 quintaux castillans pour deux mois, ou par mois de 1.900.000 à 2.500.000 kil. de minerai propre à la fusion; c'est de 3 à 4 fois autant que le chiffre porté ci-dessus pour la même mine et à la même époque.

J'avoue que j'ai peine à admettre une pareille production; elle serait tellement différente de celle des mines voisines, qui m'a été donnée également

par des actionnaires, si peu en rapport avec le nombre des ouvriers et le produit moyen de chacun d'eux, que j'ai pu obtenir sur les mines mêmes, d'une manière assez convaincante, que je croirais plus volontiers à un malentendu. La personne sous la dictée de qui j'ai transcris les chiffres précédents, a peut-être englobé dans la production courante les *vaciaderos* et les *polvos* anciens dont la vente avait lieu depuis peu. Cette interprétation est d'autant plus vraisemblable, que des renseignements relatifs à la proportion des différentes qualités produites, ne portent qu'à 900 de primeras et à 300 d'ultimas les quantités des qualités secondaires correspondantes à 100 de *recio*; tandis que les données précédentes conduiraient à des proportions toutes différentes.

Les mines du second groupe ne laissent pas que de contribuer pour une portion notable à la production totale du Jaroso.

En août 1845, San Gabriel produisait par jour :

	40	arrobes	de *recio*,
	500	—	de *primeras*,
	700	—	d'*ultimas*.
En somme	1240	arrobes, ou 1400 kilogrammes.	

Ce serait plus de 4.000.000 kilog. par an, et, en supposant la même importance aux deux autres mines du groupe, on aurait pour les trois un total de 12.000.000 kilog., dont la valeur est à peu près la même, comme on l'a vu, que celle du minerai provenant du filon principal. De cette identité de valeur on peut conclure, sans crainte d'erreur notable, l'identité de teneur; de sorte que, tout compte fait, la production totale du Jaroso serait actuellement de 44.000.000 kilog. de minerai capable de rendre 115 grammes d'argent par

100 kilog.; ce qui correspondrait à un produit annuel de 50.000 kilog. d'argent, valant près de 11 millions de francs. Plus loin, j'aurai occasion de montrer que la production normale de San Gabriel semble devoir être bien moindre que celle du mois d'août 1845; de sorte qu'il y a lieu de réduire notablement l'estimation du produit des trois mines qui forment le second groupe; mais, la réduirait-on de moitié, il resterait encore près de 40.000 kilog. pour la production annuelle en argent des mines du Jaroso; sans compter le plomb, ce serait une valeur de près d'un million de francs.

Ainsi la réputation de la Sierra Almagrera ne repose pas sur une base chimérique.

Exploitation.

On a vu dans la première partie de ces notes que les gîtes du midi de l'Espagne se composent essentiellement d'amas extrêmement nombreux, d'étendue variable, mais généralement médiocre, éparpillés dans le sein de certaines couches, suivant un ordre et à des hauteurs géologiques qu'on parviendra sans doute à définir (1).

Le riche filon de la Sierra Almagrera, et peut-être quelques gîtes moins importants du même

(1) Comme on l'a vu, les données incomplètes que j'ai pu recueillir pendant une tournée de quinze jours, étrangère aux sujets traités dans ces notes, ne me permettent pas de toucher à ce côté de la question; mais il peut n'être pas inutile de faire remarquer que l'on retrouve la direction E.-O. dans la formation métallifère du Bleiberg en Carinthie, qui offre tant d'analogies avec ce que j'ai appelé le calcaire métallifère du midi de l'Espagne. (Voir Ann. des mines, 4e série, t. VIII, p. 240 à 245.)

J'ajouterai que le territoire du Missouri, connu depuis quelques années par l'abondance des plombs pauvres

cantons, semblent faire seuls exception à cette loi, qui s'applique, sur une étendue de terrain immense, à des minerais fort variés, tels que galène pauvre non blendeuse, galène argentifère blendo-pyriteuse, cuivres gris, etc.

Je ne considère pas les filons d'Almazarron comme devant être séparés des amas de galène blendo-pyriteuse disposés dans le sens des couches, attendu que ces filons, gisant dans des roches non stratifiées, n'offrent, pour point de comparaison, que les minéraux qui les composent.

Or, non-seulement la nature, la richesse et le mode d'association de ces minéraux, les rapprochent de ceux qui forment les amas, mais ces deux genres de gîtes sont, en outre, sujets aux mêmes variations de richesse, de puissance et de pendage, au même défaut de suite.

Le seul caractère qui les distingue essentiellement est la direction. Cette différence n'a pu avoir d'influence notable sur le système d'exploitation; aussi l'identité la plus complète existe-t-elle entre les travaux auxquels donnent lieu les filons d'Almazarron et les amas aplatis de la Sierra de Carthagène.

Il résulte de là que, malgré l'innombrable suite de mines que l'on rencontre du cap Palos à Malaga, je n'ai que deux systèmes de travaux à faire connaître:

1° L'exploitation des amas en général;

---

qu'il envoie en Europe, présente, sur les cartes, de nombreux étages de directions E.-O. qui s'étendent sur des longueurs considérables. Or j'ai eu occasion d'apprendre que la galène du Missouri est exploitée dans le calcaire. L'étude comparative de ces trois gisements de galène pauvre en argent semble donc promettre, à qui pourra l'entreprendre, des résultats d'un haut intérêt pour la géologie appliquée aux gisements métalliques.

2° L'exploitation du filon d'Almagrera en particulier.

Exploitation des amas.

Parmi les amas, quelques-uns présentent des masses continues assez importantes pour se prêter à un mode d'abattage systématique; mais l'irrégularité et le défaut d'étendue du plus grand nombre de ces gîtes sont tels, les capitaux consacrés à leur exploitation sont si restreints, qu'on se borne généralement à suivre le minerai pas à pas, dans toutes les irrégularités auxquelles il est sujet. On voit de suite quelles entraves des travaux pareils doivent mettre à la circulation intérieure, et l'on conçoit que les moyens de transport et d'extraction ne peuvent pas être ce qu'ils seraient dans des mines plus étendues et plus régulièrement exploitées.

Les exploitations les mieux entendues offrent des exemples de plusieurs dispositions qu'on a coutume d'attribuer à l'enfance de l'art; aussi n'aurais-je pas hésité à qualifier de barbares la presque totalité des exploitations du midi de l'Espagne, si je les avais visitées quelques années plus tôt.

Ces exploitations se composent uniformément :

1° D'un ouvrage en rocher stérile, ayant servi à la prise de possession de la concession et à la découverte du gîte;

2° D'un boyau irrégulièrement dilaté, renflé, étranglé ou ramifié, qui n'est, le plus souvent, ni un puits, ni une galerie, et qu'on peut considérer comme le moule de la partie du massif métallifère qui a été enlevé;

3° D'une sorte de tuyau de cheminée en plâtre et roseaux, qui parcourt une partie des travaux et se prolonge, au jour, sur le flanc de la montagne, où il serpente jusqu'à quelque point culminant.

Ces trois sortes d'ouvrages représentent : les

voies de transport, les travaux d'exploitation proprement dits et les moyens d'aérage.

Il va sans dire que la cheminée d'aérage ne figure pas invariablement dans toutes les exploitations : il m'a même semblé, qu'à développement égal de travaux intérieurs, les cheminées étaient bien plus rares dans le calcaire que dans le schiste, comme si le calcaire, avec ses crevasses, était plus perméable à l'air extérieur.

Nulle part encore on n'a eu à pourvoir, d'une manière permanente, à l'épuisement des eaux.

Pas d'eaux à épuiser.

Cette circonstance, si rare dans les mines, ferait sans doute la joie du pieux et savant Buckland, qui, dans sa géologie considérée au point de vue théologique, voit une bienfaisante attention de Dieu pour l'homme jusque dans l'existence des failles. Il serait difficile de trouver un pays qui offrît moins de ressources que les montagnes du midi de l'Espagne pour lutter contre les eaux intérieures, de sorte que l'absence de cet ennemi, le plus redoutable que le mineur connaisse, est assurément le plus grand avantage que l'exploitant espagnol pouvait désirer avant d'entreprendre ses travaux. Mais il faut reconnaître, d'autre part, que la présence des eaux intérieures aurait exigé un système de travail complétement différent de celui qui a prévalu, et que cet autre système aurait eu, lui aussi, ses avantages pour l'exploitation, et surtout pour la préparation mécanique.

Ouvrage en rocher stérile pour pénétrer dans la mine.

On pénètre au sein des exploitations assez ordinairement par des puits, quelquefois par des descenderies ; les galeries aboutissant au jour, sont d'une rareté telle, que je n'ai pas eu occasion d'en voir une seule dans les nombreuses mines en activité que j'ai visitées. Les deux seules galeries au jour que j'ai rencontrées, appartiennent

à des mines anciennes, actuellement inexploitées. Les puits sont à peu près circulaires, autant du moins que la cassure de la roche s'est prêtée à cette forme qu'on n'a pas cherché à régulariser à la suite des coups de poudre. Les profondeurs de ces puits atteignent jusqu'à 100 mètres : celles de 40 à 60 mètres sont les plus communes.

Le diamètre, indépendant de la profondeur, varie de 1^{m},05 à 1^{m},30. Ces puits sont d'une verticalité douteuse, à parois nues et hérissées de saillies inégales.

Sauf de très-rares exceptions, on n'y voit ni boisages, ni échelles, ni manége, rien enfin de l'attirail ordinaire des puits de mine.

La roche est habituellement assez solide, surtout dans le calcaire, pour n'avoir pas besoin d'être soutenue. Quant au reste, ce sont des moyens particuliers qui remplacent les dispositions généralement usitées ailleurs.

Le meuble capital, le seul engin, l'unique signe qui révèle au voyageur une exploitation de mine espagnole, est un treuil de forme particulière, établi à l'orifice du puits, sous un toit horizontal bas et n'ayant que quelques mètres carrés de surface.

La descente dans ces puits de mines est à recommander aux amateurs d'impressions de voyage.

Un *tornero*, la tête ceinte d'un mouchoir de couleur, et n'ayant, pour tout vêtement, qu'une chemise et un caleçon blancs, vous fait passer la cuisse dans une boucle qui forme chacune des extrémités du cable d'extraction. Il vous met en main une lampe allumée (lampe en terre le plus ordinairement, et quelquefois de forme antique), et, pendant que ses camarades retiennent les ma-

nivelles, il vous lance littéralement dans l'abîme. La descente a lieu naturellement et sans encombre. Il n'en est pas toujours de même pour la montée. Pendant qu'on hisse le visiteur vers le haut avec une vitesse trop grande à son gré, seul, sans guide dans ce puits profond, étroit et inégal, s'il ne s'ingénie pas, *ex abrupto*, à grimper lestement le long des parois, tantôt d'un côté, tantôt de l'autre, en ayant constamment l'œil tout autour, pour éviter les saillies de la roche, il doit s'attendre à être ballotté, culbuté, meurtri; heureux si, dans ce branle imprévu, la lampe reste allumée. L'obscurité ajouterait aux embarras d'une situation qui n'est pas sans danger; mais ce danger n'est pas même soupçonné par l'ouvrier espagnol: pendant qu'on le hisse, lui, il grimpe des pieds le long des parois du puits, preste comme un lézard.

La montée est sujette à moins d'inconvénients dans les descenderies; mais en revanche le poli du calcaire humide et l'inégalité des pentes généralement roides, rendent la descente assez malaisée, pour qui n'a pas le pied muni de sandales de *spart*.

Importance des ouvrages en sparterie. Cette chaussure, qui est populaire dans une grande partie de l'Espagne, est particulièrement excellente pour la marche sur les roches vives ou sur les pierres roulantes. Elle convient on ne peut mieux au mineur dans des mines sans eau.

Le spart (*stipa tenacissima*, Lin.) est une plante graminée vivace, ayant la forme et la taille de certains petits joncs de France, mais d'un vert plus pâle, moins rigide, bien moins cassante et se plaisant dans les montagnes rocailleuses et arides. Aussi abonde-t-elle dans le midi de l'Espagne.

Physionomie d'une exploitation de mine espagnole. Les mineurs en ont tiré un merveilleux parti. Si l'on en excepte le treuil, les lampes et les outils nécessaires pour entamer la roche, on peut

dire que tout le matériel d'une mine espagnole est confectionné en spart. On n'y voit ni chariots, ni brouettes, ni tonnes, ni chaînes de fer, ni échelles, ni crampons, ni clous, ni cribles métalliques, ni tables ou caisses à laver d'aucune espèce; tout cela est remplacé par des ouvrages de sparterie, faits par les ouvriers eux-mêmes, et dont l'emploi entraîne des dispositions originales.

J'ajouterai que, pour tout bâtiment, ces mines n'ont qu'une barraque de quelques mètres carrés, servant de magasin et parfois de logement pour l'*incargado* ou directeur, et les *capataces* ou maîtres mineurs, quand la mine a des agents spécialement chargés de la direction des travaux, ce qui n'est pas général.

Cette description convient même à la mine Santa-Suzanna, la plus importante de la Sierra de Gador, en 1845. La mine de la Baja, plus ancienne, qui nourrit ses ouvriers et leur donne le coucher, a une étendue de barraques un peu plus considérable. Mais la cuisine et le magasin de provisions de bouche ont tout au plus, dans leur ensemble, 15 mètres de longueur sur 4 à 5 mètres de largeur, avec une hauteur de 2 à 3 mètres, et le dortoir n'est qu'une sorte de hangar, à l'abri duquel les ouvriers dorment, côte à côte, étendus tout habillés sur leur *manta*, qui seule les sépare de la dure (1).

---

(1) Ce ne sont pas seulement les ouvriers des mines qui couchent ainsi. Le peuple des campagnes et des petites villes n'a pas d'autre usage : il ne faut pas l'en plaindre. C'est au contraire une fâcheuse nécessité que d'avoir à coucher dans des chambres et sur des lits. Sur la dure et en plein air, la chaleur est moindre et l'on n'a à se défendre que contre les moustiques

Système d'exploitation.

J'ai dit que l'uniformité de manière d'être des amas métallifères du midi de l'Espagne a donné lieu à l'uniformité la plus complète dans le système de travail. Il suffira donc de faire connaître d'une manière générale les dispositions usitées.

Le système d'exploitation proprement dit n'a de particulier que son complet assujettissement aux variations de puissance et d'allure des amas. On ne dépense pas un coup de poudre pour rectifier les excavations, si c'est de la roche stérile dont cette rectification exige l'abatage. Du reste, on travaille comme partout. Une fois le gîte atteint par un puits vertical, qu'on approfondit jusqu'à la rencontre de la couche métallifère, on pousse à droite et à gauche une galerie de direction sur la matière exploitable.

On n'attend pas toujours, pour arrêter cette galerie, que l'on y ait vu disparaître les caractères essentiels du gîte, savoir, la chaux carbonatée, lamellaire blanche, pour la galène gisant dans le calcaire noir, et la roche blendo-pyriteuse pour les mines de la Sierra de Carthagène et d'Almazarron.

Ensuite, sur les parties les moins chargées de gangue (qui d'ordinaire sont en même temps les plus puissantes), on ouvre, à la couronne de la galerie, des entailles ou ouvrages en montant, et, au sol, des foncées ou ouvrages en descendant, les uns et les autres suivant la pente des amas.

La position de ces ouvrages et la distance qui les sépare, ne sont jamais fixées *à priori* et d'une manière invariable. Pour prendre une détermination à cet égard, on se règle, avant tout, sur la manière d'être du minerai, le nombre d'ouvriers dont on dispose et les besoins des fonderies, qui

sont généralement indépendantes des mines, et dont les demandes règlent le cours du marché.

Les entailles et les foncées s'arrêtent, comme les galeries, là où finit le minerai.

On abat, par gradins renversés, les massifs découpés par les ouvrages en montant, et par gradins droits, les massifs découpés par les ouvrages en descendant.

L'étendue du gîte, suivant sa pente, peut être aussi le système d'exploitation lui-même, permettent si rarement d'établir plusieurs étages de galeries d'exploitation, que, dans ce nombre infini de mines, qui donnent à certaines parties de la Sierra de Gador (selon l'expression de M. Paillette) l'aspect d'un champ ravagé par les taupes, on ne cite qu'un très-petit nombre d'exploitations à deux étages; ces étages sont séparés par une distance verticale d'une soixantaine de mètres, et desservis chacun par un treuil à bras.

On chercherait vainement une régularité géométrique dans l'exécution du système d'exploitation que je viens d'indiquer; mais il serait injuste de voir là un motif d'accuser les mineurs espagnols de désordre.

Observation sur la régularité des gradins.

Les gradins de mine ne sont pas essentiellement formés de pans perpendiculaires deux à deux, et la méthode par gradins ne réside ni dans le nombre des gradins, ni dans le rapport qui peut exister entre les dimension de chacun d'eux. Ces circonstances dépendent de la consistance et de la structure du gîte, de son étendue, de sa forme et du nombre d'ouvriers qu'on veut réunir en un point donné.

L'observation n'est pas inutile, car j'ai vu de jeunes ingénieurs ne pas reconnaître les gradins,

dans des mines où le système était pratiqué exclusivement, sans donner lieu toutefois à ces escaliers nettement profilés, à marches égales et généralement peu étendues, qu'on voit figurés dans les traités d'exploitation depuis Délius, mais qu'on rencontre rarement dans les mines métalliques.

Lorsque la puissance des amas dépasse la largeur ou la hauteur qu'on peut donner à un atelier d'abatage ordinaire (comme il arrive pour certaines parties de la mine de la Baja), on abat par tranches successives, en commençant par le toit. Ainsi, pour un ouvrage en montant, on ouvre d'abord une entaille de 1^{m},60 à 2 mètres de hauteur, qui longe le toit. Parvenu à la limite de l'exploitation, on redescend, en abattant le mur, sur la même hauteur, et l'on reprend, en remontant, pour redescendre s'il y a lieu. J'ai vu un exemple d'un travail de ce genre qui a produit une chambre de 20 vares de hauteur, sans exiger aucune espèce de soutènement. Un pareil mode d'abatage donne à croire que le massif métallifère a moins d'adhérence avec la roche encaissante qu'avec lui-même, et que le toit n'est pas ébouleux ; car, s'il en était autrement, il semble qu'on serait conduit à faire précisément le contraire.

Solidité du toit. Les ouvrages de ce genre sont fort rares ; mais la solidité du toit est un fait que mes observations me feraient regarder comme général, si M. Paillette n'avait pas cru pouvoir rendre compte du peu de hauteur des galeries, par la rareté du bois, jointe à la nature parfois très-ébouleuse du terrain (1).

Il est incontestable que les différentes excavations qui résultent du système d'exploitation espagnol, sont généralement très-basses, ce qui rend

(1) Annales des mines, 3e série, t. XIX, p. 229.

la circulation fort difficile : la rareté extrême du bois n'est pas moins manifeste ; mais j'ai lieu de croire que, sauf quelques rares exceptions, le toit est habituellement solide, pour les gîtes de galène pauvre encaissés dans le calcaire, aussi bien que pour les filons d'Almazarron et les parties exploitables des amas de la Sierra de Carthagène. La manière d'être du terrain, à stratification peu nette pour le calcaire et nulle pour les autres gisements, cette manière d'être, jointe à l'absence des eaux à la surface et à l'intérieur, suffirait pour faire regarder le défaut de solidité du toit comme un fait exceptionnel. Il y a plus : je serais porté à voir dans l'uniformité du système d'exploitation qui a prévalu dans la Sierra de Gador, la meilleure preuve à l'appui de la dureté et de la solidité habituelles du toit. Je vais tâcher de montrer que si ces conditions ne s'étaient pas trouvées remplies, le système suivi aurait été vraisemblablement tout autre.

Dans les mines que j'ai visitées, la faible hauteur des ateliers correspondait exactement à la faible puissance des amas. On évitait d'abattre le toit, parce que la dépense nécessaire paraissait plus grande que l'avantage qui pouvait en résulter, et cette dépense pouvait être en effet notable, parce que le toit est considérablement plus dur que la chaux carbonatée, lamellaire et géodique, où se trouvent les rognons de minerai. Or, pour agir ainsi, dans l'exploitation de couches qui ont souvent moins de 1 mètre de puissance et moins de 30° de pente, il faut, ce semble, qu'à défaut de bois, le besoin de déblais, pour soutenir le toit, ne se fasse pas sentir ; car, s'il en était autrement, ces défilés tortueux, d'une circulation déjà si mal-

aisée, deviendraient complétement impraticables, soit par suite des éboulements eux-mêmes, soit à cause des nombreux remblais destinés à les soutenir. On se trouverait bientôt pris comme dans une souricière et dans l'impossibilité d'avancer, ce qui conduirait à élargir les excavations aux dépens du toit. Cet élargissement ne serait plus alors d'une utilité contestable : en même temps qu'il rendrait la circulation plus facile, il produirait les déblais nécessaires ; tout cela sans frais excessifs. En effet, pour une couche à pente de 30° et de 1 mètre de puissance, il suffirait à la rigueur d'un exhaussement moyen de $0^m,35$ à la couronne des galeries, pour les approprier à toutes les exigences d'un service souterrain économique : or ces $0^m,35$ pris dans le toit ébouleux, produiraient environ $0^m,70$ de déblais, qui, tout en facilitant la circulation de l'air et des hommes, permettraient de remblayer la moitié des vides formés par l'exploitation. Ce serait probablement plus qu'il n'est nécessaire dans un terrain qui ne peut être ébouleux qu'en grand. Ce système, naturellement déduit du peu de solidité du toit, ne ressemblerait plus en rien à ce qui se fait communément en Espagne. Il est donc permis d'admettre que les terrains ébouleux doivent y être rares. Les quelques remblais qu'on rencontre çà et là semblent provenir plutôt du besoin de se débarrasser des déblais, que de la nécessité de soutenir le toit.

On voit d'ailleurs, dans toutes les variétés de gîtes en amas, que j'ai eu l'occasion d'observer, des chambres d'exploitation ouvertes sur des renflements, et qui se tiennent parfaitement, sans boisages ni remblais, sur une certaine étendue et sur des hauteurs de plusieurs mètres.

L'irrégularité et le défaut de hauteur de la plupart des exploitations espagnoles doivent donc être attribués à une autre cause qu'à la nature ébouleuse du terrain.

La solidité du toit qui rendrait les remblais superflus, sa dureté, qui renchérirait l'abattage sans donner un grain de minerai de plus, la différence tranchée d'aspect et de tenacité qui caractérise la gangue constante du minerai, par rapport à la roche encaissante, enfin la facilité avec laquelle le minerai lui-même se détache de sa gangue, dont il est ordinairement séparé par une terre ferrugineuse, toutes ces circonstances invitent le mineur de la Sierra de Gador à ne pas dépenser sa poudre, qui est chère, pour abattre autre chose que le minerai, dût-il ne s'ouvrir, ainsi, que le passage strictement nécessaire pour avancer vers une nouvelle récolte, toujours incertaine, toujours prête à finir. Il lui suffit que ce passage soit assuré. Sa commodité personnelle pourrait lui conseiller parfois d'agir autrement; mais il faut croire que cette commodité serait peu productive, car les mineurs espagnols sont généralement payés au poids du minerai net mis au jour, et, dans bon nombre de mines, ils sont à peu près complétement abandonnés à eux-mêmes. En outre, il est à remarquer que leur travail n'est point passager. Les mineurs espagnols sont généralement fidèles aux exploitations qui les emploient : leur fidélité est même garantie par une circonstance particulière; ils ne sont payés que tous les trois mois (1).

(1) Ces ouvriers n'ont avec eux ni femmes ni enfants. On m'a assuré qu'ils ont, pour la plupart, de bonnes raisons pour ne pas appeler l'attention sur eux, et pour

Les exploitations de la Sierra de Carthagène et celles d'Almazarron sont dans des conditions un peu différentes : la puissance ou la pente des gîtes est généralement plus grande que celle des amas compris dans le calcaire, de sorte que le mineur travaille habituellement dans une position moins gênée.

C'est une raison pour ne pas abattre autre chose que le minerai, bien que celui-ci ne soit pas moins tenace que la roche encaissante, et qu'il ne s'en sépare pas aussi nettement que dans les gîtes calcaires. Mais la solidité du toit étant suffisante, il ne pourrait y avoir lieu d'entamer la roche que pour faciliter la circulation. On n'a pas encore eu à se préoccuper de ce soin ; les exploitations de ces localités ne sont ni assez profondes, ni assez productives pour qu'on puisse tirer profit des moyens de transport qui réclament une circulation facile, même dans un pays où le spart ne jouerait pas le rôle qu'il joue dans les mines espagnoles.

Ce rôle qui a été indiqué, mais que nous aurons à faire connaître d'une manière plus précise, doit être pris en grande considération par qui veut se prononcer sur le système d'exploitation du midi de l'Espagne.

Les exploitations de galène blendo-pyriteuse, exclusivement assujetties à la poursuite du minerai, comme les exploitations de galène pauvre, ne sont pas moins irrégulières qu'elles, pas moins sujettes à des étranglements, à des renflements, à des ressauts, au défaut de suite, etc.

Cette manière d'être, qui paraît commune aux différents amas de toute la contrée, est d'autant

---

se tenir éloignés, pendant un certain temps, des lieux où ils sont nés.

plus fortement empreinte dans les excavations de la Sierra de Carthagène et d'Almazarron, que, dans les mines de cette région, ce n'est pas même l'amas métallifère qu'on se propose d'enlever exclusivement, mais seulement les parties de cet amas où la galène se montre suffisamment concentrée pour pouvoir être fondue sans préparation mécanique.

Rareté du bois.

L'usage du bois est si restreint dans les exploitations des amas métallifères du midi de l'Espagne, que l'on trouve rarement d'autres bois, dans la plupart d'entre elles, que les manches des marteaux et des pics, encore ces manches sont-ils réduits à la longueur capable de remplir la main. Les échelles sont à peu près inconnues; l'usage des treuils à l'intérieur n'est possible que pour les mines d'une certaine étendue en profondeur. On en voit peu; les étançonnages réguliers sont, je crois, sans exemple, et les parties stériles qu'on n'abat pas, forment des saillies qui, jointes au médiocre pendage des gîtes, permettent au mineur de suivre le front des gradins renversés ou des entailles, sans le secours de ponts volants.

Outils.

Les outils ont été décrits par M. Paillette (1). Ces outils n'ont guère de particulier que l'exiguïté des manches en bois. Les dimensions données par M. Paillette sont à peu près celles que j'ai observées. J'ai lieu de croire toutefois que son pic n'est pas celui dont l'usage est le plus répandu. Dans toutes les mines que j'ai visitées, le pic était de forme massive, à tête épaisse, à manche court; il pesait de 7 à 8 livres espagnoles, soit environ 3 kilogr. 1/2. Un outil pareil ne saurait être em-

(1) Annales des mines, 3e série, t. XIX.

ployé avantageusement pour l'abattage; aussi les mineurs espagnols n'en font-ils usage que pour extraire les rognons de galène des géodes ferrugineuses où ils se trouvent quelquefois enchâssés, et surtout pour séparer le minerai du gros de sa gangue après l'abattage.

Cette lourdeur du pic n'est pas le seul indice de la manière de travailler des mineurs espagnols; elle se révèle encore par l'absence des coins, des masses, des leviers, outils dont les Carthaginois et les Romains se servaient presque exclusivement, dont l'usage est encore si répandu dans la plupart des autres mines du continent, et qui, avec les pics légers à long manche, viennent si puissamment en aide à la poudre. Mais l'emploi de ces outils, qui exigent un grand développement de force musculaire, n'aurait apparemment qu'un effet utile médiocre dans des ateliers sans hauteur, ouverts au milieu d'une roche d'une certaine ténacité et non fissile; c'est pourquoi, sans doute, l'abattage se fait exclusivement à la poudre. Cependant celle-ci est plus chère encore qu'en France, malgré l'importance des fabriques clandestines qui la livrent à plus de 25 p. o/o au-dessous des prix de la poudre royale. La poudre de mine fabriquée par l'Etat coûterait environ 3 fr. le kilogr. Il va sans dire qu'on n'a garde d'en faire usage dans le midi de l'Espagne, cet Eldorado de la contrebande.

Poudre.

Il n'est pas impossible que la substitution de la poudre aux coins, pics, etc., soit le seul changement que les exploitations de cette contrée aient vu depuis l'antiquité. Mais ce changement a été plus complet là qu'ailleurs : il est à peine resté trace de l'ancien procédé. Ce fait s'explique quand

on considère que toute tradition a dû être anéantie par l'espèce de prohibition qui a frappé, pendant trois siècles, l'exploitation des mines en Espagne, et que, d'autre part, les circonstances locales ayant fait prévaloir un système d'abattage qui avait pour règle première de n'enlever que le minerai, le travail à la poudre n'a jamais dû se présenter tout d'abord avec des avantages plus marqués que dans les ateliers étroits de la Sierra de Gador, ateliers ouverts au milieu d'une roche cassante non fissile, mais offrant un dégagement naturel, dans son épaisseur même, par suite de l'interposition du minerai, qui, ainsi qu'on l'a vu, ne fait pas toujours corps avec la gangue. Dans ces conditions, le travail au coin, à la pointe et au levier a pu être fort ingrat, et l'on se rend compte ainsi de ces traces d'antiques exploitations par le feu, dont on m'a parlé à la mine de la Baja. Tout porte d'ailleurs à croire que les tentatives d'exploitations faites par les anciens, dans la Sierra de Gador, ont été sans importance. Ce n'est pas moins peut-être devant la difficulté de l'exploitation qu'ils ont reculé, que devant la pauvreté en argent de ces gîtes.

Outils antiques.

A Almazarron et dans la Sierra de Carthagène, rien n'annonce qu'on ait eu recours au feu. On voit partout, au contraire, des traces du travail au pic et au coin. Les outils eux-mêmes ont été retrouvés en grand nombre. Ceux que j'ai vus étaient petits, effilés et en fer aciéré.

Travail utile du mineur.

Dans la chaux carbonatée, lamellaire, blanche, qui forme la masse des gîtes de galène pauvre, un mineur (*picador*) fait dans sa journée douze trous de mine de 25 à 40 centimètres de profondeur. Il n'en fait que cinq à six de $0^{m},35$ dans le

porphyre vert, qui recèle les veines métalliques d'Almazarron, et seulement 4 de $0^m,32$ dans la galène blendo-pyriteuse de Carthagène.

Je donne ces nombres tels que je les trouve dans mes notes; mais la profondeur des trous de mines n'est certainement pas invariable dans les deux dernières localités, et les chiffres indiqués semblent correspondre à la moyenne des limites de profondeur données pour la Sierra de Gador. Je croirais donc qu'on peut conclure de là que la galène blendo-pyriteuse exige, pour le percement d'un trou de mine, environ deux fois autant de temps que le minerai calcaire. Ces trous reçoivent une ou deux cartouches chacun. Le poids d'une cartouche est d'une once de Castille, soit environ 29 grammes.

Je n'ai malheureusement pas pu me procurer de données précises sur le volume excavé. Partout les renseignements de ce genre laissent à désirer, parce que, lorsque les communications qu'on reçoit sont exactes, elles se rapportent communément à des cas particuliers qu'on ne définit pas assez nettement. Il faudrait avoir, ou bien des moyennes applicables à la totalité du gîte, ou, ce qui serait mieux encore, des données relatives aux différents genres d'ateliers, aux différentes circonstances caractéristiques; mais on ne saurait se procurer des indications pareilles dans la Sierra de Gador, où le travail se mesure par la quantité de produit marchand obtenu.

A la Baja, un picador produit journellement de 6 1/2 à 8 1/2 arrobes de minerai net, soit de 75 à 100 kilogrammes. Ces moyennes s'appliquent à une somme de produits très-variables. Dans un chantier de médiocre richesse que j'avais sous les

yeux, un picador abattait par journée (m'a-t-on dit) trois arrobes de minerai, soit environ 35 kil. J'estimais que le chantier en question ne contenait pas en puissance, et par suite en volume, plus de deux parties de galène pour cent de roches à abattre. A ce compte, 35 kilogr. de minerai net correspondaient à une excavation de 1/4 de mètre cube environ. C'est à peu près le même chiffre que donne le calcul pour le minimum de l'excavation totale qui peut résulter des douze trous de 25 à 40 centimètres qu'un picador fait dans sa journée. Mais d'autres données relatives à l'extraction élèveraient à 1/2 mètre cube le volume moyennement abattu par un picador.

Dans la Sierra de Carthagène, à l'Alianza, deux hommes abattent par semaine et portent au jour 110 quintaux de minerai blendo-pyriteux brut. Par jour et par homme, ce sont 9 quintaux ou 414 kilogr. Le transport, bien que fait à dos, ne doit pas prendre plus de 1/5 du temps; on peut donc élever à 500 kilogr. le produit journalier d'un picador, abstraction faite du triage intérieur. J'estime à 1/8 de mètre cube au plus le volume correspondant aux 500 kilogr. de minerai trié, et je doute, d'après ce que j'ai vu, que le triage intérieur puisse retenir les 2/3 des matières abattues, ce qui porterait à 3/8 de mètre cube le maximum de l'abattage journalier d'un picador.

A Almazarron, pour l'exploitation des veines minces contenues dans le porphyre vert, qu'on est obligé d'abattre, on m'a dit que le produit de l'abattage journalier d'un picador était amené au jour par un enfant dans sa journée. Le travail de cet enfant consistait à monter un escalier de 40 degrés environ, avec charge de 3 à 4 arrobes 1/2,

suivant un parcours de 160 mètres environ, dont moitié de niveau. Ces données permettent d'estimer à 600 kilogr. environ l'abattage journalier d'un picador. D'autre part on a vu que, d'après le nombre de coups de mine dont les traces restaient au fond d'une galerie, j'avais cru pouvoir estimer à $0^{m},10$ l'avancement journalier dans une galerie à un homme, ouverte sur l'un des filons d'Almazarron. Cette galerie avait $1^{m},80$ de hauteur sur $1^{m},30$ de largeur; c'était donc par poste un abattage de $0^{m.\ cub.},230$. Ce volume semble devoir différer de fort peu de celui qui se déduirait des 600 kil. trouvés précédemment, volume que j'estimerais à 1/5 environ de mètre cube. Une autre exploitation d'Almazarron, celle de *los 8 hermanos*, paraît donner lieu à un abattage plus abondant. On m'a dit qu'il faut près d'une demi-journée de travail à 4 *torneros* pour extraire d'un puits de 100 vares la matière abattue par deux hommes en un jour. On verra plus loin que le poids de cette matière doit être, d'après cela, d'environ 4000 kilogr., ce qui donnerait 1 1/2 mètre cube environ pour l'abattage d'un seul picador.

Toutes ces données relatives au volume excavé journellement par un picador, sont assurément incertaines. Je crois pouvoir en déduire, néanmoins, comme ne devant pas être au dessous de la vérité, les chiffres suivants, dont quelques-uns seront utilisés tels quels dans la suite de ces notes.

Frais d'abattage d'un mètre cube.

Dans la Sierra de Gador, un mineur occupé à l'abattage du minerai, consomme $0^{k},500$ de poudre par jour, et produit une excavation de 1/3 de mètre cube, ce qui fait, par mètre cube de roche abattue, environ trois journées de picador et $1^{k},500$ de poudre.

Dans les exploitations de galène blendo-pyriteuse, la consommation journalière en poudre est moitié moindre que dans la Sierra de Gador, et l'excavation produite par journée d'abattage (notablement moins grande que dans les gîtes calcaires de galène) paraît être sensiblement moindre dans la roche métallifère de Carthagène que dans le trachyte d'Almazarron.

La journée de travail se compose de onze à douze heures de travail effectif et assidu, à ce qu'on m'a assuré.

On travaille de cinq heures du matin à sept heures du soir, en prenant sur cet intervalle deux à trois heures pour le déjeuner, le dîner, un ou deux *bocadillos* (1) et la sieste. Le travail de nuit est peu usité, sans être systématiquement interdit. Il n'est guère pratiqué que facultativement par les mineurs à marché. Je ne parle pas ici de la Sierra Almagrera, où le travail souterrain est continu.

Pendant l'été de 1845, j'ai trouvé le prix de la main-d'œuvre des mineurs assez uniforme sur toute la côte méridionale de l'Espagne : dans la Sierra de Gador, 4 1/2 à 5 réaux et la nourriture ou 6 3/4 à 7 1/4 sans nourriture (2). A Alma-

---

(1) Le *bocadillo* est littéralement une bouchée de pain; mais cette bouchée prend des dimensions colossales sous la dent de ces travailleurs qui ne s'épargnent pas, et à qui l'on fournit le pain à discrétion dans les mines où on les nourrit : c'est pourquoi l'on donne au bocadillo, dans le langage familier, le nom de *guitara*, plus propre à représenter la longueur du morceau de pain consommé pendant ces repas intermédiaires.

(2) On estime la nourriture d'un ouvrier à 2 réaux 1/4. Elle coûte moins en réalité : on trouve des entrepreneurs qui se chargent de cette nourriture à raison de 2 réaux par tête.

zarron, 6 1/4 réaux; à Carthagène, 6 réaux. C'est de $1^f,60$ à $1^f,95$ par journée.

Dans la Sierra de Gador, les prix éprouvent peut-être une légère augmentation pendant le temps des travaux de la terre, les exploitations restent d'ailleurs en activité. Ce n'est que pendant les mois de décembre, janvier et février, qu'il faut céder la place à la neige; mais à Carthagène, où se trouvent des plaines fertiles, on m'a assuré qu'à l'époque des travaux des champs, on n'aurait pas des mineurs au prix de 10 réaux ($2^f,70$).

Le fer employé à la fabrication des marteaux de mineur est assez doux et la précision du coup de l'ouvrier assez grande et constante pour qu'il soit fréquent de voir des marteaux percés de part en part sous les chocs répétés contre la tête aciérée des fleurets, sans que l'empreinte soit d'un diamètre considérablement plus grand que celui du fleuret. Il résulte de ce singulier genre d'usûre un mode de réparation très-simple : Lorsque le creux a atteint une certaine profondeur, on y refoule à chaud un morceau de fer qui peut être renouvelé indéfiniment.

En 1845, la livre d'outils neufs était comptée sur le pied de 2 réaux 1/2, soit $1^f,45$ par kilogr.

On payait 1 réal ($0^f,27$) pour aciérage, et 5 à 6 *quartos* par affûtage ou ressuage (le quarto vaut $0^f,04$ environ).

Ces prix me semblent devoir être notablement supérieurs aux prix de revient.

Je n'ai pas pu obtenir de données sur les frais d'entretien des outils, relativement à un volume déterminé de roche abattue. Si l'administration d'une mine espagnole est réduite au plus haut degré imaginable de simplicité; c'est un peu,

comme on doit bien le penser, aux dépens des moyens employés ailleurs pour être constamment renseigné sur les moindres détails relatifs à l'économie du travail.

Je supposerai, faute de mieux, qu'à égale profondeur de trou, l'usure des fleurets est trois fois moindre dans les exploitations de la Sierra de Gador que dans la grauwacke quarzeuze qui forme la masse du filon de Poullaouen. Or, à Poullaouen, on a à peu près un aciérage et dix affûtages pour 10 mètres courants de trous de mine. L'abattage d'un mètre cube de minerai brut, dans la Sierra de Gador, exigeant trois journées au moins à douze trous de $0^{m},325$ moyennement pour chacune, on a, par mètre cube, douze mètres courants environ de trous, soit, d'après notre hypothèse, quatre affutages à $0^{f},20$ l'un et 0,4 aciérage à $0^{f},27$, ou, en somme, $0^{f},91$ pour l'entretien des outils. Je porterai en outre $0^{f},09$ pour l'usure.

L'huile de lampe est comptée à raison de 40 à 50 réaux l'arrobe, soit $0^{f},94$ à $1^{f},17$ le kilogramme. Avec les lampes découvertes ou mal closes, qui sont usitées, on doit en consommer plus de 100 grammes par poste; mais dans le doute je m'arrêterai à ce chiffre (1).

Partant de ces données, on trouve que l'abattage de 1 mètre cube de minerai doit coûter plus de 10 fr., savoir :

	fr.	fr.
Pour 3 journées de picador, à.	1,90	5,70
Pour $1^{k},500$ poudre en cartouches. . . .	2,24	3,37
Au moins $0^{k},300$ huile avec mèches, etc.	1,20	0,36
Entretien des outils.	»	1,00
		10,43

(1) 100 grammes représentent la consommation par

Si l'on partait des données qui portent à 1/2 mètre l'abattage journalier d'un picador, le prix de l'abattage de 1 mètre cube se trouverait réduit à 7f,25, chiffre possible, mais qu'il faut sans doute regarder comme un minimum pour la Sierra de Gador, attendu qu'il s'applique à la mine de la Baja, la plus puissante de la contrée et celle où la chaux carbonatée lamellaire se montre le plus développée.

Je n'ai pas de données détaillées relatives au percement de la roche encaissante (le calcaire noir); mais j'ai obtenu, à ce sujet, quelques chiffres d'ensemble. Ainsi le percement d'un puits de 1m,10 à 1m,30 de diamètre, en terrain tendre, jusqu'à une profondeur de 20 vares, coûte environ de 40 à 60 réaux la vare, soit de 11 à 17 fr. le mètre cube. En terrain dur, le prix s'élève communément à 200 réaux, ce qui fait ressortir le prix du mètre cube à plus de 55 fr. On cite des exemples de puits qui, en raison de la dureté de la roche, de la difficulté de l'aérage et de la profondeur, ont coûté 500 et jusqu'à 1.000 réaux la vare, ce qui met le prix du mètre cube à 140 fr. et même 280 fr. M. Paillette estime à 40 fr. le prix moyen et le plus fréquent du mètre cube excavé. J'adopterai ce chiffre et je supposerai qu'il n'y a à en déduire que les frais d'extraction, pour avoir les frais d'abattage proprement dits. Or, comme l'extraction (dans un puits en creusement, sans eau et pour les profondeurs auxquelles s'appliquent les

---

poste d'une lampe fermée et à l'abri des courants d'air, à mèche de grosseur suffisante d'ailleurs pour éclairer une exploitation métallique. On verra plus loin que la consommation des lampes de mines espagnoles paraît dépasser considérablement ce chiffre.

données précédentes) ne saurait prendre plus de la moitié de la totalité des frais, on voit que l'abattage du mètre cube de calcaire noir ne semble pas devoir coûter, moyennement, moins de deux fois autant que l'abattage de la partie métallifère des gîtes de galène pauvre. On voit même que cet abattage coûterait trois fois autant, si on le comparait à la quantité d'abattage journalier relative à la mine de la Baja.

Plus loin j'aurai à donner quelques détails sur le transport souterrain et sur l'extraction. Pour le moment il me suffira de dire que, après un premier triage des morceaux les plus riches, fait par le picador lui-même, des enfants portent jusqu'au puits, à dos, ou en se le passant de la main à la main, le minerai renfermé dans des espèces de corbeilles en sparterie dites *capaces*. La capace est attachée au câble d'extraction et élevée au jour par un treuil à bras : une fois vidée on la jette du haut du puits en bas, sans la rattacher au câble, et une nouvelle ascension recommence. Autres frais.

Le transport à dos paraît être le seul usité dans les exploitations d'Almazarron et de Carthagène.

Dans la Sierra de Gador on use, en outre, d'un moyen de transport tout particulier, le transport de la main à la main. On prétend qu'il est nécessité par l'irrégularité du sol et la faible hauteur des galeries. Toujours est-il que ce moyen de transport est pratiqué dans les exploitations les mieux gouvernées, bien que son effet utile diffère considérablement de celui qu'on obtient des porteurs à dos. Il me suffira ici de donner le chiffre de la dépense qu'occasionne l'ensemble des mouvements souterrains auxquels les matières abattues sont soumises dans la mine de la Baja qui est la plus ancienne

exploitation de la Sierra de Gador, et par suite la plus étendue.

Pour desservir 40 picadores, qui abattent journellement 21 mètres cubes de minerai brut, mesuré en place, on dépense, en transports souterrains faits par des enfants au nombre de trente, 50 fr. environ, en tenant compte de l'éclairage et de l'entretien des capaces, c'est 2 fr. 30 par mètre cube d'excavation. Il faut ajouter 60 fr. environ dépensés pour l'extraction, dont le service occupe trois treuils, qui ont à extraire 21 mètres cubes de profondeurs variables de 24 à 80 varés. C'est, en somme, 5 fr. environ par mètre cube excavé dont le produit arrive au jour.

L'extraction de 1 mètre cube de minerai brut mesuré en place coûte à elle seule 3 fr. environ pour une profondeur de puits de 65 mètres.

Ces données complètent celles qui sont nécessaires pour mettre à même de juger en connaissance de cause, le système d'exploitation qui vient d'être décrit.

Examen critique du système d'exploitation espagnol.

J'ignore quelles exploitations antiques M. Burat a en vue, dans le passage suivant de son intéressant ouvrage la *Géologie appliquée*, ou *Traité de la Recherche et de l'Exploitation des minéraux utiles*: « Ce sont généralement de vastes » chambres ou descenderies réunies entre elles par » des galeries sinueuses et d'un parcours difficile, » communiquant au jour par des puits rapprochés » et irréguliers. Ce qu'il y a de plus frappant dans » la disposition de ces travaux, c'est l'ignorance » complète des conditions de continuité des gîtes » en direction et en inclinaison, etc. » (Introduction, pages 2 et 3.)

J'imagine que M. Burat n'aurait point parlé au-

trement des exploitations espagnoles que j'ai visitées en 1845. Si donc l'opinion de cet auteur sur les exploitations de ce genre me paraît acceptable, je n'aurai qu'à la rapporter. C'est pourquoi je vais rechercher les développements qu'il donne à cette opinion et la discuter.

Plus loin le même auteur dit encore (p. 110) :

« On ne croyait à l'existence du minerai que » lorsqu'on le voyait ; de là ces puits multipliés » souvent placés au hasard, ces travaux sinueux et » incertains. »

Il semble toujours qu'il s'agit du midi de l'Espagne. M. Burat ajoute :

Règles indiquées par M. Burat.

« Si au contraire, nous parvenons, en étudiant » les filons, à démontrer l'origine que nous leur » avons assignée et les conditions qui en résultent, » les travaux changent de forme ; on peut calculer » à l'avance à quelle profondeur, à quelle distance, » on rencontrera un filon, par un puits ou une ga- » lerie pratiqués dans le terrain qui le renferme. »

Plus loin encore, l'auteur devient plus explicite ; il dit (page 125) :

« Malgré les irrégularités des filons, toutes les » fois qu'on aura constaté la direction et l'incli- » naison de l'un d'eux, un travail fait pour aller » le recouper en profondeur, sera *toujours cer-* » *tain* et ne sera exposé qu'aux chances ordinaires » de variations de puissance et de richesse, *sans* » *que la suppression en soit jamais à craindre.* »

Si cette assertion était fondée, j'y verrais la complète justification des travaux infructueux du Cabezo de la Raja et del Descuidado (voir la première partie de ces notes, 1re livraison de 1846), qui, entrepris sur des traces métalliques de peu d'importance, selon moi, ne me semblent pouvoir

être repris et poussés avec confiance au delà des travaux antiques, que sur la foi de quelque principe de ce genre.

Si des travaux irréguliers, sinueux et communiquant au jour par des puits rapprochés, sont le propre de l'ignorance; si, pour se soustraire aux inconvénients de ces dispositions, il ne faut qu'être instruit et convaincu de l'origine ignée des gîtes métallifères, la condamnation du système espagnol s'ensuit.

Je me propose de montrer que ce système peut fort bien être économique pour les gîtes auxquels il est appliqué, et que, par suite, il peut être rationnel. Si j'y parviens, on sera en droit d'en conclure que les assertions du Traité de la recherche et de l'exploitation des minéraux utiles, n'ont pas toute la généralité que leur prête leur auteur. Mais, comme je juge en outre ces assertions assez peu fondées, pour les croire dangereuses, je vais d'abord les discuter directement.

Et d'abord, ce n'est pas l'origine des matières métalliques qu'il s'agit de contester. Je crois même qu'étudiée sous ce point de vue, la région métallifère que j'ai décrite, ne fournirait pas les inductions les moins frappantes, à l'appui de la théorie plutonique, si cette théorie avait besoin d'un nouvel appui.

Ce qui me paraît complétement indéterminé, jusqu'à présent, ce sont les conditions qui en résultent, pour la manière d'être des gîtes. Notre auteur ne définit nullement ces conditions, tout en paraissant les prendre pour bases des propositions qu'il avance.

Cependant la conséquence manifeste de cette indétermination est l'impossibilité d'accorder con-

dits, à l'application d'un précepte basé sur des considérations théoriques, car tout en ayant la même origine que les filons, ces amas ont en outre, été assujettis, dans leur allure, à des conditions mécaniques moins complexes que celles qui ont présidé à la formation des filons proprement dits. En effet, si l'on admet que les gîtes du midi de l'Espagne sont, en majeure partie, intercalés entre certaines couches puissantes étendues et bien réglées, leur allure se trouve ainsi déterminée avec une uniformité et une précision, dont les filons n'offrent peut-être pas un seul exemple aussi satisfaisant.

Pour toutes ces raisons, nos amas peuvent être considérés comme étant du ressort des règles dont je me propose de révoquer en doute la généralité.

Si je ne me trompe, il suffirait d'énoncer l'application de ces règles pour en faire sentir le côté faible. Ainsi, selon notre auteur, pour les gîtes qui nous occupent, par exemple, il était possible de calculer, à l'avance et avec certitude, la profondeur et la distance auxquelles le lieu d'exploitation devait être atteint par un puits ou une galerie placés *ad libitum*, ce semble, dans le terrain métallifère. Cela veut dire, je suppose, que *la position du puits ou de la galerie devait être déterminée, abstraction faite de la continuité ou de l'abondance du minerai*, en ne se préoccupant que de pourvoir économiquement à l'épuisement et à l'extraction, pendant une période de temps donnée. En outre, une fois le gîte atteint, on aurait dû s'interdire les galeries sinueuses et à parcours difficile, et, au lieu de ne croire à l'existence du minerai que lorsqu'on le voyait,

C'est jouer quitte ou double : un pareil système peut convenir aux gros capitaux et surtout aux capitaux aventureux. Mais je crois que les capitaux prudents, quelle que soit leur importance, ne doivent le pratiquer qu'avec réserve et toujours dans un esprit de doute, relativement au succès.

Indétermination des conditions résultant de la théorie de la formation des filons.

C'est que, si l'origine des filons semble bien établie, il n'en est pas, il ne saurait en être de même des conditions qui peuvent résulter de cette origine, eu égard à l'étendue des gîtes, à l'uniformité de leur allure, à l'homogénéité et à la continuité du minerai. Aussi, non-seulement les conditions ci-dessus énoncées sont-elles contestables, en tant que générales et absolues; mais je croirais, au contraire, qu'on peut dire d'après l'ensemble des faits connus :

1° Que, relativement à l'étendue de la matière exploitable, depuis un cristal de minerai complétement isolé, jusqu'à ces masses que des siècles d'exploitation n'ont pas encore épuisées, tous les intermédiaires concevables ont leurs représentants dans les filons les mieux caractérisés.

2° Que, relativement à la constance de direction, elle est, à la rigueur, admissible pour le géologue, qui ne considère, avec raison, que la direction moyenne, sans tenir compte des écarts plus ou moins grands à droite et à gauche, que l'exploitant ne saurait négliger, mais que, du reste, depuis la ligne droite (type bien rare sur une étendue notable) jusqu'aux lignes les plus étrangement ondulées, brisées ou subdivisées, on peut imaginer bien des combinaisons qui trouveraient leurs analogues dans la direction ou le pendage des filons, même à ne considérer que ceux en trop petit nombre, qui se trouvent décrits :

concerne les variations d'allure s'explique naturellement par les différences de structure, de ténacité, de compressibilité, etc., en un mot, par le défaut d'homogénéité des roches encaissantes.

Si les chaînes de montagnes, dans leur soulèvement, ont cédé aux différentes résistances qui ont pu naître de ces causes, pourquoi ces fêlures qu'on appelle filons, en auraient-elles été indépendantes?

Le seul fait qui résulte de la théorie est la profondeur indéfinie de la fente ou crevasse qui a donné issue aux matières métalliques. Mais, quand on considère la chose au point de vue de l'exploitation, il ne faut pas oublier que ce n'est pas la fente plus ou moins nettement conservée sur toute son étendue, qui constitue le gîte; ce ne sont pas même les minéraux terreux qui peuvent avoir rempli certaines parties de cette fente. Pour l'exploitant il n'y a pas de gîte sans minerai. Or, de ce que le minerai est venu de bas en haut, il ne s'ensuit pas qu'il ait dû remplir la crevasse en tous sens, sans discontinuité, depuis la région incandescente jusqu'au jour. Il n'est même pas déraisonnable d'admettre que le minerai n'a pu remplir que ceux des vides subsistants qui communiquaient avec le foyer métallique, par une suite non interrompue de passages suffisamment ouverts ou perméables. Et, comme la cassure faite au milieu de roches non homogènes a été inégale et la fente généralement étroite, on comprend que, par suite du déplacement relatif du toit et du mur, qui paraît être un fait habituel, la communication du foyer métallique, avec certaines parties de la fente, a dû se trouver naturellement interceptée. Ainsi s'expliquent, sans peine, les solutions de continuité.

Quant à ce qui est du prolongement indéfini du minerai dans la profondeur, c'est une question que la théorie n'impose nullement. On pourrait même invoquer plus d'une considération plausible à l'appui de l'opinion contraire. Le fait lui-même ne paraît pas d'ailleurs comporter une démonstration rigoureuse. Mais, heureusement, l'exploitant n'a pas à se préoccuper de questions de ce genre; car l'indéfini n'est pas plus du ressort de la pratique que le perpétuel.

Pour l'exploitant, le filon n'existe plus lorsque l'absence de ses caractères habituels persiste au delà des sacrifices essentiellement limités, que la situation des travaux permet de consacrer aux explorations. Le plus souvent même, on n'attend pas que toute trace du gîte ait entièrement disparu pour le regarder comme épuisé. Que le minerai arrive progressivement à un état de pauvreté tel, que les produits ne soient plus en rapport avec les dépenses toujours croissantes, et il pourra y avoir lieu de renoncer à poursuivre des recherches depuis longtemps infructueuses. Dans des cas pareils, lorsque des explorations onéreuses et sans espoir viennent à la suite d'une diminution progressive de l'étendue et de la richesse du minerai, qui a fini par disparaître complétement lui et les minéraux qui l'accompagnent, et cela non-seulement dans un seul, mais dans tous les gîtes d'une même contrée, ne sera-t-on pas en droit de dire que le filon a eu un terme en profondeur?

On répondrait qu'il devait infailliblement subsister encore, en quelque point, une traînée de minerai inaperçue, que la question n'en resterait pas moins résolue négativement pour l'exploitant.

Or, des cas analogues sont loin d'être rares:

du prix de revient et l'exacte appréciation de l'importance de chacun d'eux, eu égard aux circonstances locales : le système qui réduira au minimum le total de ces éléments est celui qu'on doit préférer, n'eût-il pas d'analogue connu.

Si l'exploitation des mines métalliques exige beaucoup de sagacité et d'expérience, c'est précisément parce que les inconnues sont nombreuses et que les règles générales et absolues manquent. Tout le monde comprendra en effet que chacun des nombreux éléments, qui entrent dans une question de ce genre, étant variables, que plusieurs étant indépendants les uns des autres et subordonnés à des conditions imprévues, ce serait aller trop loin que de proclamer, d'une manière générale, la bonté d'un système quelconque, sans avoir préalablement défini, d'une manière précise, toutes les circonstances auxquelles il s'applique.

Ces considérations peuvent être justifiées, si je ne me trompe, par les exploitations de la Sierra de Gador. On a vu qu'il ne manque rien à ces exploitations pour être réputées barbares, et il faut convenir que le visiteur désintéressé n'a pas à se louer de l'état des travaux. Néanmoins, sans tenir compte de cette prévention défavorable, soumettons l'affaire au tribunal impartial de deux logiciens peu savants, mais qui n'induisent en erreur que lorsqu'on ne leur dit pas tout : je veux parler de l'addition et de la soustraction, arbitres précieux auxquels on n'accorde pas toujours toute l'importance qu'ils méritent, bien qu'en industrie, eux seuls soient aptes à juger toute chose en dernier ressort.

Supposons qu'au lieu de subordonner la forme et les dimensions des excavations à la puissance et

à la manière d'être du minerai, on se donne, pour condition première, d'éviter « les galeries sinueuses et d'un parcours difficile, communiquant au jour par des puits rapprochés irréguliers et paraissant placés au hasard (1). »

Recherche de l'écartement des puits le plus avantageux.

Un pareil programme fera donner aux galeries plus de hauteur et plus de régularité qu'elles n'en ont en Espagne : les puits seront plus soignés dans leur façon et moins rapprochés. Je serais fort en peine d'ailleurs de dire comment il conviendrait de faire pour ne pas les placer au hasard dans certaines limites. Mettons des chiffres à la place des mots. L'écartement des puits, dans le mode de concession en usage, peut varier de 85 à 170 mètres. Admettons 100 mètres, et supposons qu'à l'aide de galeries plus grandes et plus régulières, on parvienne à faciliter assez la circulation de l'air et le transport souterrain, pour pouvoir tripler cet écartement : ce n'est pas aller trop loin. Or, quels seront les avantages et les inconvénients de cette disposition ?

Les avantages : c'est que, pour une même étendue exploitable, on n'aura qu'un puits à creuser au lieu de neuf.

Les inconvénients : c'est que la longueur des transports souterrains sera triplée.

Admettons 50 mètres pour la profondeur des puits, 40 fr. pour le prix moyen du mètre cube d'excavation, un mètre cube pour le volume d'excavation correspondant à un mètre courant de puits : les neuf puits coûteront 18.000 fr.

Le système d'exploitation par puits éloignés donnera donc lieu à une économie de 16.000 fr.,

(1) Géologie appliquée, passage déjà cité.

relativement à une étendue de couche métallifère qu'un puits peut desservir. Soit 90.000 mètres carrés le maximum de cette étendue; admettons un mètre pour la puissance moyenne du minerai à enlever, on aura au plus 90.000 mètres cubes à transporter au puits.

Pour que l'économie de 16.000 fr. réalisée sur le nombre de puits ne soit pas absorbée, il faut que le prix du transport souterrain d'un mètre cube ne soit pas augmenté de plus de 0f,18 par l'augmentation du parcours, dans le rapport de 1 à 3.

Peut-il en être ainsi? Je ne le crois pas. S'il ne s'agissait que d'un transport à dos, tel que celui qui est usité en Espagne, la question ne serait pas douteuse. Elle se résout dans le même sens pour des moyens de transport perfectionnés.

Dire qu'en triplant la distance à parcourir on n'augmenterait pas de plus de 18 centimes le prix du transport du mètre cube de minerai brut, c'est dire que ce transport peut être fait, pour cette somme, sur une longueur moyenne de 50 mètres, chargement non compris. En effet, avec des puits écartés de 100 mètres, le parcours moyen du transport souterrain est d'environ 25 mètres; avec des puits écartés de 300 mètres, ce parcours serait de 75 mètres. La différence est donc de 50 mètres.

Or, le poids d'un mètre cube de minerai brut, en place, ne doit pas être loin de 3.000 kilog.

Le transport de 3.000 kilogrammes à 50 mètres, représente le 1/5, ou au plus le 1/6 de l'effet utile journalier d'un rouleur ou chien de mine sur chemin de bois dans des circonstances favorables (1).

(1) Voir notamment le roulage de minerais analo-

Donc, pour que le transport d'un mètre cube à 50 mètres, ne coûte que 0f,18, il faut que le total de la dépense journalière du rouleur ne dépasse pas 0f,90 ou 1f,08; mais la journée du rouleur ne saurait être payée notablement moins que les 4/5 de celle du *tornero* qui coûte 1f,95 : il y aurait, en outre, à faire face à l'éclairage et à l'entretien de la voie et du chariot, ce qui donnerait en somme un chiffre plus que double de celui qu'il ne faudrait pas dépasser, pour rendre admissible l'écartement de 300 mètres, dans les conditions que j'ai supposées (1).

En poursuivant cet examen et prenant toujours

---

gues, en Carinthie, dans des galeries de 2m,20 sur 1m,26 et pour des parcours de 133 mètres de longueur (Ann. des mines, t. VIII); voir aussi, pour les mines de Freiberg, Ann. des mines, 3e série, t. VIII, p. 439.

A Poullaouen, où les galeries sont moins régulières, le transport par chiens, d'une capacité de 0m.cub.,100 est payé à raison de 25 à 30 centimes pour 100 mètres de distance et par mètre cube excavé : la matière qui en provient remplit treize à quatorze chariots combles. Le chargement est payé à part, sur le pied de 20 centimes par mètre cube, pareillement mesuré avant l'abattage.

Ces prix, satisfaisants pour les distances qui dépassent 80 mètres, laissent à désirer pour des distances médiocres, qui donnent lieu aux mêmes pertes de temps que de plus grandes distances, pour le déchargement et la mise en marche. Les rouleurs de Poullaouen gagnent de 75 à 85 centimes.

(1) Je trouve approximativement pour l'expression de la dépense journalière d'un rouleur 2f,10, savoir :

	fr.
Main-d'œuvre.	1,60
Eclairage (au moins). . .	0,15
Chariots et voie.	0,35
	2,10

l'écartement de 100 mètres, pour terme de comparaison, on trouve que l'excès de dépense en transports souterrains ne devient inférieur à l'économie réalisée sur le nombre de puits, qu'au-dessous d'un maximum de 150 mètres. Encore faut-il faire abstraction de toutes les dépenses que nécessiteraient la rectification et l'exhaussement des galeries. Il faut aussi faire abstraction de cette considération que neuf puits ont plus de chance, qu'un seul, d'aboutir à des amas clairsemés et peu étendus, ce qui peut réduire notablement l'étendue de galeries stériles à faire dans le système de puits rapprochés, comparativement à ce que le système contraire pourrait exiger.

Comme les limites usitées comprennent aussi bien 150 mètres que 100 mètres, on voit que rien n'est plus douteux que l'avantage des puits éloignés pour les mines en amas du midi de l'Espagne.

On voit en même temps que la solution d'une question de ce genre est nécessairement dépendante :

1° De l'importance des frais nécessaires pour arriver à la matière exploitable ; 2° de l'étendue de celle-ci ; 3° du prix des transports souterrains ; tous éléments qui peuvent varier entre des limites très-éloignées : d'où résulte l'impossibilité d'une règle absolue, et applicable à tous les cas. Ainsi l'on comprend que tel cas peut se présenter qui rende admissible un écartement de 50 mètres et moins encore entre deux puits voisins.

La convenance du rapprochement des puits a pu influer sur la forme des galeries. Il est manifeste, en effet, que moins le transport doit être long, moins il importe de le perfectionner ; mais on conçoit aussi, qu'abstraction faite de l'écarte-

ment des puits, il peut se présenter tel cas où il est moins cher d'assujettir les dimensions et l'allure des galeries à toutes les variations du gîte, malgré les difficultés que le transport peut en éprouver, que de faire la dépense nécessaire à l'agrandissement et à la rectification du passage.

Recherchons approximativement, comme nous l'avons fait pour les puits, la mesure des avantages qu'on pourrait se promettre d'un système de galeries plus satisfaisant, en apparence, que celui qui est usité, et les conditions favorables à la réalisation de ces avantages. Convient-il d'agrandir et de rectifier les galeries?

Le mérite principal des galeries à circulation facile est relatif aux transports : il faut donc que l'économie à réaliser par ce moyen soit notablement supérieure aux dépenses que l'établissement du système pourrait exiger.

On a vu plus haut, qu'en admettant des conditions de roulage favorables, le transport d'un mètre cube à 50 mètres, semblait pouvoir être estimé, pour l'Espagne, à 1/5 ou 1/6 de 2f,10, soit moyennement à 0f,38, chargement non compris.

Il faut ajouter à ce prix, non-seulement le chargement (0f,40 environ), mais aussi le transport de l'atelier d'exploitation a la galerie de roulage ; ce transport, qui se fait à dos, à la pelle, ou de la main à la main, sur une distance moyenne qui ne pourrait pas être beaucoup moindre que 3 ou 4 mètres, ne saurait être estimé à moins de 0f,30 (1). La dépense totale correspondant au

(1) A Poullaouen le pelletage de 1 mètre à 4 mètres, pour jets horizontaux, et de 1m,65 environ, pour jets verticaux, se paye 15 centimes par mètre cube de roche mesurée avant l'abatage. Les manœuvres qui font ce service gagnent 75 centimes environ par jour.

transport perfectionné de 1 mètre cube de minerai, sur 50 mètres de galerie, serait ainsi de 1^f,08. Mais, si nous admettons toujours 100 mètres pour écartement moyen des puits, dans le système d'exploitation usité, la distance moyenne à parcourir du lieu d'abatage au puits, ne sera que de 25 mètres environ, et le prix du transport calculé sur les données précédentes sera de 0^f,86.

On a vu que dans le système usité, le transport souterrain coûte 2^f,30 pour une distance moyenne inconnue; mais comme ce chiffre s'applique à la mine la plus ancienne et la plus étendue, on peut admettre que cette distance est plus grande que la distance moyenne propre à l'écartement moyen des puits. Cet écartement est compris entre 85 et 170 mètres : il peut être estimé à 127 mètres; le minimum de la distance moyenne à parcourir, pour la dépense actuelle de 2^f,30, serait donc de 33 mètres. Il résulterait de là qu'actuellement le transport à 25 mètres coûte au plus 1^f,75. A ce compte l'économie promise, par l'emploi des moyens de transport perfectionnés, ne serait pas de 1 fr. par mètre cube de minerai brut à extraire.

Or, c'est au peu de hauteur des galeries et à l'irrégularité du sol, que l'on attribue la nécessité du mode de transport dispendieux usité dans la Sierra de Gador : c'est-à-dire que, pour changer de système, il faudrait exhausser les galeries et les rectifier. C'est précisément aussi ce que semble demander l'auteur de la Géologie appliquée, quand il condamne les galeries sinueuses et à parcours difficile. Mais de quelle somme peut-on disposer pour pratiquer ce système ? de moins de 1 franc par mètre cube d'excavation faite au milieu du minerai. Aux dépens de quelle roche

peut-on obtenir les modifications à faire aux galeries? aux dépens de la roche encaissante. Or l'abatage de celle-ci coûte au moins 20 francs par mètre cube, sans compter les frais de transport ou de remblai. Le système proposé sera donc onéreux, toutes les fois qu'il y aura à abattre plus de 1 mètre cube de roche encaissante pour 20 mètres cubes de minerai.

On admettra sans peine, j'espère, d'après ce qui a été dit de la manière d'être des gîtes, que ce cas a pu se présenter assez souvent pour avoir fait donner, avec raison, la préférence au système actuel.

Pour un écartement de puits de 150 mètres, plus grand écartement qui convienne au système de galeries régulières (comme on l'a vu précédemment), ce système promet une économie sur le transport, plus grande que pour un écartement de 100 mètres. Mais l'économie est tout au plus, dans ce cas, de 1f,70 par mètre cube d'excavation; ce qui ne laisse encore que la faculté d'abattre 1 mètre cube de roche encaissante pour 12 mètres cubes de minerai. Il est possible que ce ne soit pas encore assez, dans le plus grand nombre des cas, pour exhausser la couronne des galeries, dresser le sol et enlever les coudes les plus prononcés. Ce chiffre peut être d'autant plus insuffisant, qu'il est calculé dans l'hypothèse d'une puissance de couche exploitable de 1 mètre, et que, toute réduction de cette puissance, entraînerait une augmentation dans le cube de roche encaissante à abattre. Enfin, et ce n'est pas la moindre objection, le système de galeries régulières a contre lui, la nécessité de l'emploi de chariots et de voies de bois, dont l'acquisition et l'entretien

ne seraient pas à la portée de tout le monde, comme les moyens simples qui sont en usage.

Convenance du système espagnol pour la Sierra de Gador.

Si les hypothèses sur lesquelles j'ai fondé les évaluations précédentes sont admissibles, on voit que, dans le cas qui nous occupe, il a pu être généralement économique de rapprocher les puits comme ils le sont et d'assujettir la forme des excavations à la forme des gîtes. Ces deux circonstances, réagissant l'une sur l'autre, ont dû déterminer l'adoption du système actuel. L'usage du transport à dos, ou de la main à la main, s'en est suivi.

On comprend dès lors, que l'absence des eaux intérieures n'établissant aucune solidarité entre les exploitations contiguës, les concessions de petite étendue, ont pu prendre faveur, abstraction faite de toute idée fiscale. Ce système était d'autant mieux fondé, dans un cas pareil, que l'exploitation se trouvant, par la nature des choses, à la portée des capitaux les plus restreints, ce n'était qu'en y conviant le plus possible de parties prenantes, qu'on pouvait, dans un pays aussi pauvre et aussi peu industriel, mettre à profit un gîte aussi étendu.

Ainsi, dans tout cela, rien de barbare, rien que de rationnel.

Bon dans son ensemble, le système a pu recevoir quelques applications particulières déplacées : il a dû, comme toute chose, avoir ses inconvénients; mais on voit que, suivant toute probabilité, il est convenablement approprié aux circonstances locales.

Justification des travaux antiques.

Qu'on se reporte maintenant aux temps des exploitations antiques, qu'on pense à la poudre dont le secours manquait, qu'on suppose des cir-

constances analogues à celles que j'ai fait connaître, et l'on verra que la difficulté de l'abatage de la roche encaissante pouvant avoir été bien plus grande, l'assujettissement de la forme des travaux souterrains à la forme des massifs exploitables a pu être commandé bien plus impérieusement encore. On arrive ainsi à admettre que l'irrégularité signalée par M. Burat dans certaines exploitations antiques, peut fort bien n'avoir pas eu pour cause principale l'ignorance des causes auxquelles nous attribuons l'origine des filons : j'avoue même que je ne serais pas éloigné de croire que cette ignorance, par suite de laquelle « *on ne croyait à l'existence du minerai que lorsqu'on le voyait,* » a pu n'être pas inutile à l'économie finale des travaux d'exploitation, dans un temps où les affleurements visibles pouvaient être plus nombreux qu'aujourd'hui, et où les ouvrages en rocher stérile devaient être si chers.

Quant à ce qui est du rapprochement des puits, il est une circonstance qui a dû souvent s'ajouter à des sujétions analogues à celles qui viennent d'être indiquées. Je veux parler de l'épuisement des eaux. Les anciens ne possédaient pas des machines de force à peu près illimitée, comme les nôtres. D'ailleurs il est inutile de remarquer que, même de nos jours, les puissantes machines ne sont pas de mise partout, surtout au début d'une exploitation dont l'importance est encore inconnue. Que devaient donc faire les anciens, lorsque, rencontrant de l'eau dans un gîte d'une étendue restreinte, ils venaient à reconnaître qu'on ne pouvait se défendre contre elle qu'à l'aide d'un certain nombre de machines dont l'état de choses ou même les ressources particulières des entre-

preneurs permettaient l'emploi? Ils devaient, ce semble, à défaut de galeries d'écoulement, dont le secours n'est pas toujours possible ou opportun, multiplier les moyens d'épuisement et par suite les puits. L'existence des eaux souterraines réduisait nécessairement beaucoup la profondeur à laquelle ils pouvaient descendre, dès lors les puits étant forcément peu profonds, on comprend qu'il pouvait être peu dispendieux d'en augmenter le nombre, dans le cas que je suppose. C'est ainsi que des puits ont pu être rapprochés à 25 mètres l'un de l'autre et même moins, sans qu'on doive condamner cette disposition d'une manière absolue. On comprend même qu'il peut, encore de nos jours, se présenter tel cas, qui la rende admissible, pour des travaux d'exploration particulièrement.

Pourquoi pas de galeries aboutissant au jour?

Pour en revenir à la Sierra de Gador, on peut se demander à quelle circonstance il convient d'attribuer la rareté extrême des galeries aboutissant au jour; bien que bon nombre des exploitations aient lieu à un niveau généralement supérieur au niveau du pied des montagnes. La raison actuelle est des plus simples, c'est qu'une concession ne comprenant que l'étendue qui se projette verticalement sur un rectangle de 100 vares sur 200, tracé à la surface du terrain, une galerie horizontale ouverte dans ce rectangle ne pourrait généralement atteindre le gîte qu'en dehors des limites de la concession. Cela résulte naturement, d'une part du degré d'inclinaison des gîtes, de l'autre de la manière d'être des couches: celles-ci ne présentent presque jamais leurs tranches perpendiculairement à la direction, ce qui fait qu'il ne peut y avoir d'affleurement que sur le prolongement du pendage.

Mais, si le système de concession usité a été imaginé pour le midi de l'Espagne (ce que j'ignore), il a dû se baser sur les usages antérieurs à son établissement. Il resterait donc à expliquer pourquoi, à l'origine, les puits ont eu la préférence sur les galeries.

Les galeries ont pu ne pas prendre faveur pour deux raisons : parce que la disposition du terrain ne permettant pas aux affleurements de se présenter sur le prolongement de la direction et les eaux intérieures à écouler étant nulles, ces sortes d'ouvrages n'ont été ni conseillés ni commandés par les circonstances locales.

Les puits, au contraire, ont pu être préférés comme exigeant une mise de fonds moins considérable, et comme se prêtant mieux que les galeries au système de préparation mécanique usité. Peut-être qu'en outre les puits offrent plus de facilités pour l'aérage.

L'augmentation de mise de fonds nécessitée pour les galeries, par rapport aux puits, est réelle et très-notable. En effet, pour atteindre un gîte, qui s'étend dans des couches inclinées de 30 à 35°, un puits n'a à parcourir que les deux tiers de la distance nécessaire à une galerie. Le système d'extraction espagnol permet, en outre, de réduire assez les dimensions du puits, pour que, eu égard à cette différence de profondeur, l'excavation faite en galerie soit trois fois aussi grande. L'évacuation des déblais serait vraisemblablement moins chère pour la galerie, mais, en admettant qu'au lieu de 40 francs par mètre cube de puits de 65 mètres de profondeur, on n'ait à payer que 30 fr. par mètre cube de galerie

d'exploitation le plus économique, il faut d'abord tenir le minerai; or l'incertitude à ce sujet doit être généralement assez grande pour qu'il y ait convenance de choisir entre les deux moyens d'atteindre le minerai qui se présentent, celui qui promet une économie première de 50 pour o/o sur l'autre.

Ainsi cette partie du système espagnol peut n'être pas moins que les autres commandée par les circonstances locales.

Ce qui me paraît regrettable, dans l'intérêt de l'avenir de cette région métallifère, c'est qu'un fonds commun ne soit pas imposé aux mille concessions de la Sierra de Gador, pour faire suivre, avec persévérance, un système de travaux de recherches indépendant des limites de concession et des convenances particulières de chaque exploitant. Ces recherches auraient pour but de faire reconnaître le terrain, en dehors des limites que l'exploitation actuelle fouille si minutieusement d'ailleurs, mais à une profondeur trop restreinte peut-être. Les travaux seraient faits à frais communs, sous la direction des ingénieurs de l'État. S'ils révélaient de nouvelles richesses, la propriété en reviendrait naturellement aux exploitations actuelles, suivant un mode de répartition convenu. **Recherches désirables.**

Le bénéfice n'est pas assuré sans doute, mais le sacrifice pourrait être petit, ce me semble, et l'État n'userait pas seulement d'un droit qui lui revient; il est permis de croire qu'il ferait ainsi pour l'avenir de cette intéressante région métallifère, ce qui ne sera fait par personne, s'il n'intervient point.

Je jugerais une combinaison de ce genre nécessaire pour la complète justification du système es-

raison de la dureté de la roche encaissante et de l'inclinaison des couches, les puits peuvent être multipliés sans inconvénients et devenir préférables aux galeries.

Dans la Sierra Almagrera rien de pareil : sur une superficie de deux lieues carrées, on connaît un fort petit nombre de filons d'une étendue que les travaux actuels permettent de regarder comme extrêmement restreinte. Ces filons présentent des affleurements rares et sans suite, leur pente est assez forte, et sur les 200 concessions qui ont été accordées jusqu'à ce jour, on n'en cite guère plus d'une dizaine qui aient rencontré du minerai. Encore a-t-il fallu, pour cela, n'accorder à plusieurs des concessions favorisées que la plus petite étendue de filon qu'elles pouvaient embrasser, savoir un tronçon de 100 vares de longueur (85 mètres).

La profondeur de puits exigée pour donner droit à la concession n'est que de 10 vares, et j'ai déjà estimé à 200 fr. au plus les frais nécessaires à l'établissement d'un puits pareil dans le micaschiste; mais la concession est forcément suivie d'un nouvel approfondissement. Supposons que cet approfondissement soit moyennement poussé à la plus petite profondeur à laquelle le filon principal du Jaroso a été atteint par puits, cette profondeur est de 50 mètres, ce qui correspond à une excavation de 50 mètres cubes environ, ou à une dépense de 1.000 fr. au moins. Or, bien qu'il n'y ait encore que 200 concessions en activité, il y a place pour 2.000, non moins fondées que les 19/20 de celles qui ont été demandées et obtenues sans le moindre contrôle. Ainsi, dans les circonstances propres à cette localité, concéder tout le terrain par lambeaux de moins

de 1 1/2 hectare, c'est ouvrir une loterie de 2.000 billets à 1.000 fr. l'un, pour 20 lots au plus, d'une importance déterminée. Il est vrai que dans le nombre il en est de beaux, mais ceux-là étaient déjà hors de concours quand les billets ont été émis. Les deux millions de francs dont la dépense a été provoquée par l'administration des mines, quand elle a cédé aux demandes de ce peuple de spéculateurs que la fortune des exploitants du filon principal a tentés, ces deux millions doivent donc être considérés comme affectés uniquement à la recherche de gîtes autres que le filon principal. Or, à prendre la chose de ce point de vue, on peut dire que cette somme a été mal employée.

En effet, si l'on se rappelle ce qui a été dit précédemment sur le défaut de suite habituel des filons plombeux, si on tient compte de cette circonstance non moins ordinaire, que le minerai, ou plus généralement les caractères les plus saillants des filons, n'affleurent qu'accidentellement et ne se montrent souvent qu'à une profondeur quelquefois considérable, ce dont le filon principal du Jaroso présente un exemple des mieux caractérisés, on doit voir que le système suivi, dans la Sierra Almagrera, ne fait rien pour réduire les chances d'insuccès qu'il comporte en si grand nombre.

Système de recherches vicieux.

Même à ne considérer que celles des concessions qui, dans la proportion de 1 sur 100, ont chance d'être traversées par le filon, on voit que celui-ci peut échapper, pour plusieurs raisons, au puits unique, qui est le seul ouvrage de recherches dont ces petites concessions fassent usage : ou bien le puits se trouvera placé en dehors du pendage du filon inconnu, qui peut exister dans le

périmètre de la concession ; ou bien, placé en dedans de ce pendage, il sera arrêté, faute de fonds, avant d'avoir atteint le filon ; ou bien les caractères de celui-ci seront inappréciables au point où il sera coupé par le puits.

Utilité des galeries considérées comme moyens de recherches.

Cet aperçu montre, en même temps, qu'en général c'est un fâcheux usage de ne pas combiner les galeries avec les puits, pour explorer un terrain. Au moyen de galeries, non-seulement on augmente considérablement les chances de découvertes, en atteignant à volonté toute l'étendue de la concession et en suivant tout indice rencontré, mais on peut réduire beaucoup la durée des travaux préparatoires. Cependant ce mode de recherches est tellement inusité dans le midi de l'Espagne, que les concessions établies sur le filon principal lui-même, après sa reconnaissance, ont eu la patience d'approfondir leurs puits verticalement jusqu'à la rencontre du minerai (qui n'a eu lieu qu'à 120 mètres pour las Animas et à 102 mètres pour la Esperanza), sans chercher à hâter le moment de l'entrée en jouissance par une galerie prise à une moindre profondeur. Il faut ajouter que, dans ce cas, le résultat a donné raison au système suivi ; car on a reconnu depuis, que, dans ces concessions, le minerai ne s'élevait qu'à une quarantaine de vares au-dessus du niveau auquel ces puits ont atteint le filon.

On comprend que, lorsqu'ils ne sont pas soutenus par la vue des produits journellement réalisés par leurs voisins immédiats, tous les concessionnaires à 200 fr. ne peuvent pas mettre la même persévérance à des ouvrages improductifs. Mais on voit aussi le désavantage des recherches faites exclusivement par puits : si l'on n'a pas eu la chance

angle du puits aux dépens de la roche pour trois de leurs côtés; le quatrième côté seul est rapporté: il affleure la paroi du puits dans laquelle la cheminée est ménagée; de sorte que, dans le puits, on ne connaît l'existence de la cheminée qu'à la vue du côté rapporté, qu'on fait habituellement en torchis de plâtre et de roseaux. Très-nombreuses dans la Sierra de Carthagène, mais plus nombreuses encore dans la Sierra Almagrera, ces cheminées serpentent à la surface du terrain, sur des longueurs qui vont jusqu'à 50 mètres; elles se terminent par un bout de cheminée vertical établi sur un point culminant.

Il paraît qu'il est fort rare que ce moyen d'aérage ne suffise pas aux profondeurs de puits usités; mais on admet que leur effet est impuissant dans l'intérieur des travaux, au delà de 100 vares, pour peu que les circonstances soient défavorables. La présence des pyrites de fer est reconnue pour être une des circonstances les plus défavorables.

Dans la mine de San Gabriel, qui est pyriteuse et profonde (137 mètres, dont 28 sur le filon) dans cette mine, dont le puits est pourvu d'une cheminée d'aérage, la température intérieure est fort élevée. J'ai vu, dans le magasin, un gros soufflet à main qu'on avait employé, sans grand succès sans doute, pour aider l'effet de la cheminée.

Le filon principal du Jaroso a été atteint par des puits dont la profondeur varie de 50 à 120 mètres. Puits.

Le plus important de ces puits est commun aux mines l'Observacion et le Carmen: de forme elliptique, sans muraillement ni boisages, il a 3 mètres environ sur $2^m,40$. Sa profondeur actuelle est de 82 mètres. Il sert uniquement à

sent progressivement en s'approchant de la partie inférieure, de manière à avoir au bas 10 palmes, ou un peu plus de 2 mètres, pour former une place d'accrochage.

Système d'exploitation.

Le système d'exploitation est le même, à quelques différences de détail près, que celui dont les Espagnols font usage, depuis plusieurs siècles, pour les mines riches à Almaden et en Amérique. Au lieu d'enlever le minerai par tranches horizontales successives et par la méthode des gradins (comme cela se pratique communément dans les filons où l'on fait usage de bois pour le soutènement de la roche), on abat par tranches alternatives, ayant leur plus grande longueur dans le sens de la pente du filon, et l'on remblaye la moitié du vide formée par l'exploitation, en conservant, dans l'arrangement des remblais, la disposition de bandes alternatives suivie pour l'exploitation.

Voici de quelle manière on procède :

Une fois le gîte reconnu, on le rejoint à une profondeur de 30 vares ($25^{m},50$) par un puits vertical établi dans le toit. A droite et à gauche du puits on ouvre une galerie de direction qui suit le filon sur toute sa largeur, jusqu'aux limites de la concession : arrivé là, on ouvre, de part et d'autre, sur le minerai, une foncée qu'on approfondit de 33 vares (28^{m}) pour prendre, à cette profondeur, une nouvelle galerie de direction qui doit embrasser toute l'étendue de la concession, comme la galerie supérieure. Mais, tout en poursuivant ces ouvrages, et en même temps que les deux foncées extrêmes, on entreprend simultanément au sol de la première galerie des foncées de 3 vares de largeur ($2^{m},55$) laissant entre elles des piliers de pareille largeur ; ces foncées, desti-

nées à fournir immédiatement du minerai, ont pour hauteur toute la puissance du filon, quelle qu'elle soit (1).

De 6 vares en 6 vares (mesurées suivant la pente) on relie entre elles les foncées d'exploitation par des galeries qui, tout en multipliant les ateliers d'abatage, facilitent le transport du minerai au treuil unique établi à chaque niveau principal.

Les foncées se prolongent jusqu'à la galerie inférieure dont elles permettent de hâter le percement.

Muraillement. Chacune d'elles, après la communication établie, reçoit, sur toute sa hauteur, un remblai maçonné en partie, qu'on établit sur un arceau en maçonnerie, jeté du mur au toit, à la couronne de la galerie inférieure.

Il arrive parfois, mais rarement, que le toit menace de s'ébouler avant que le remblai ait pu être établi ; on le soutient par des étais provisoires placés normalement aux épontes du filon et qu'on enlève quand le remblai s'est élevé jusqu'à eux.

On ne touche aux piliers ménagés entre les foncées qu'après le remblai achevé. L'abatage de ces piliers se fait de bas en haut, en partant de la galerie inférieure et en s'élevant successivement de 3 vares en 3 vares sur des ponts volants soutenus par un système de perches en bois résineux, les unes verticales, les autres horizontales, liées

---

(1) On sait que dans une foncée, comme dans une entaille, la hauteur est la distance du toit au mur. La largeur se mesure suivant la direction et la profondeur ou l'avancement, suivant la pente.

entre elles au moyen de cordes en spart, à la façon des échafaudages de maçons.

Le même système d'exploitation s'applique aux étages successifs. Ces étages, de 30 vares de hauteur verticale, sont actuellement au nombre de six pour la mine du Carmen. Les 6 mines exploitées sur le filon principal sont approfondies au même niveau; mais l'inégale répartition du minerai n'a pas permis d'étendre l'exploitation à la même hauteur pour chacune d'elles.

On a soin d'établir les arceaux sur l'aplomb les uns des autres, ce qui permet de rattacher un massif de remblai au massif qui se trouve au-dessous, en consolidant au besoin l'un des coussinets de l'arceau, à l'aide d'un pilier reposant sur le remblai inférieur, tout en laissant, sur le parcours de la galerie, une largeur de 2^{m},50 environ, pour la liberté du passage.

De cette manière, on rend les remblais solidaires, et l'on reporte la charge sur les parties du mur les plus résistantes.

Les arceaux sont très-peu cintrés. J'en ai vu de 7 mètres de portée qui avaient tout au plus une vare (0^{m},85) de flèche et autant d'épaisseur; ils étaient en briques reliées par du mortier de chaux et sable ou du plâtre.

La chaux de ces parages est hydraulique; elle coûte trois fois autant que le plâtre, et comme l'absence des eaux intérieures rend l'emploi du plâtre sans inconvénients dans ces mines, il paraît que tout compte fait, son emploi est plus économique.

On estime qu'il entre dans un mètre cube de maçonnerie 360 briques environ, au prix de 12 réaux (3^{f},24) le cent, 1/3 de mètre cube de mor-

tier de chaux et sable, ou de plâtre, au prix de 16 réaux les 20 arrobes ou 18f,78 les 1000 kil. pour la chaux, et de 10 réaux la voiture de 10 quintaux pour le plâtre, soit 5f,85 les 1000 kil. ce qui fait ressortir le mètre cube de cette dernière matière à 6 fr. environ.

Enfin, la main-d'œuvre vaut 2f,50, sans compter la descente et le transport souterrain des matériaux.

A ce compte, le mètre cube d'arceau de soutènement ne devrait pas coûter moins de 20 fr. Cependant d'autres renseignements ne porteraient qu'à 7f,50 le prix du mètre cube de cette sorte de maçonnerie, soit à 11 fr. avec le transport souterrain des matériaux.

Peut-être cette différence tient-elle à ce qu'on ne fait en briques que les arceaux qui doivent avoir une certaine portée, tandis que lorsque la puissance du filon se réduit convenablement, on se contente de micaschiste, qui sert au reste du remblai. S'il en était ainsi, on conclurait de ce qui précède, que les arceaux en briques coûtent deux fois autant que les arceaux en micaschiste.

Le remblai qui repose sur les arceaux est plus ou moins soigné, suivant la nature plus ou moins ébouleuse du toit, la puissance du filon, etc.

Assez habituellement, les parements sont maçonnés. On estime le prix de cette maçonnerie à 3f,50 le mètre cube, soit à 7 fr. environ, avec le transport souterrain des matériaux.

Quant au reste du remblai, il est exclusivement formé de déblais rapportés de la surface ; car tout ce qui est abattu dans l'exploitation de ce filon

plosion. Mais cet outil n'est pas usité. Le dernier rôle que je viens d'indiquer, paraît être rempli par une masse de 7 à 8 centimètres d'équarrissage et de 19 centimètres de longueur, adaptée à un manche de 64 centimètres. Cet outil, qui m'a paru énorme, doit être d'une manœuvre trop malaisée pour être d'un grand secours. Probablement même il ne peut servir que dans le travail en foncées, qui dans le système d'exploitation usité, représente, il est vrai, près de la moitié de l'abatage total.

Un picador fait, dans sa journée, de 2 à 6 coups de mines. Comme on travaille nuit et jour la durée du travail effectif ne doit pas dépasser 10 heures.

Les picadores sont payés à raison de 4 à 6 réaux, suivant la saison. Les compagnies les nourrissent et leur fournissent tout ce qui est nécessaire au travail.

Je puis donner les consommations d'huile, de poudre et d'outils, d'après un état de dépense du Carmen que j'ai eu entre les mains.

Il en résulte que, pour 80 journées de picadores, on compte sur une dépense :

			r.		fr.
En huile, de	100 réaux,	c'est par poste	1,250	=	0,3375
Poudre. . .	150	*id.*	1,875	=	0,5062
Outils, etc.	140	*id.*	1,750	=	0,4725
					1,3162

Le chiffre de la consommation journalière en huile paraît énorme. En se reportant aux données précédemment fournies à propos de la Sierra de Gador, on trouve que, si ce chiffre est exact, il est triple de ce qu'il pourrait être avec des pré-

vaciaderos qui résultent du triage au jour et les *polvos* que le criblage sépare.

Or, comme on l'a vu dans la première partie de ces notes, on a vendu récemment ces résidus des préparations mécaniques, après avoir reconnu qu'ils étaient suffisamment riches pour être fondus; on a ainsi connu leur poids.

Le principal intéressé dans la mine l'Observacion m'a dit que, depuis l'origine, cette mine avait produit :

140.000 quintaux de vaciaderos,
et 140.000 quintaux de polvos.

280.000 quintaux de matières séparées du minerai net.

D'autre part, il résulte de différents renseignements que la production totale de l'Observacion, depuis l'origine jusqu'au mois d'août 1845, s'élève, au plus, à 400.000 quintaux. Les résidus de triage et de criblage représenteraient donc au moins 70 p. o/o de minerai net. En admettant ces données comme générales, il en résulterait que le produit de l'abatage journalier, fait par un picador, peut être représenté par 282 kilog. Je ne crois pas qu'en volume, cette quantité de minerai brut corresponde à plus de 1/10 de mètre cube excavé. Ce chiffre parait singulièrement bas, eu égard à l'apparence du gîte. Peut-être cela tient-il au système d'exploitation suivi, dans lequel l'abatage en foncées prédomine d'une manière tout à fait inusitée.

Quoi qu'il en soit, il résulterait de ce qui précède que l'abatage de 1 mètre cube de minerai exige moyennement 10 journées de picador. S'il en est ainsi, on peut établir le prix de l'abatage du mètre cube de minerai comme suit :

qui en résulte, relativement au mode d'abatage le plus avantageux qu'on puisse concevoir. Ce mode d'abatage le plus avantageux serait, évidemment, celui qui permettrait d'enlever la totalité du massif par ouvrages en gradins, ou plus généralement, par ouvrages de bas en haut avec dégagement sur deux faces, et comme, dans le mode actuel, moitié au plus est enlevé de cette manière et que le reste est enlevé par ouvrages en foncées, il en résulte que le prix d'abatage actuel est au prix d'abatage le plus avantageux possible, à peu près :: $\frac{12+6}{2}$: 6, c'est-à-dire :: 9 : 6. Si donc on admet 33 fr. pour prix actuel de l'abatage de 1 mètre cube, on a 11 fr. pour maximum de l'économie que tout autre mode d'abatage permettrait de réaliser.

Nous avons admis précédemment 2.820 kilog. pour poids du mètre cube et comme la totalité du minerai est vendue, depuis qu'on a reconnu que les *vaciaderos* et les *polvos* étaient suffisamment riches, il suit de là que l'excès de dépense dont le mode d'abatage peut grever l'exploitation a pour maximum 11 fr. pour 2.820 kilog. de minerai, c'est-à-dire moins de 4 fr. par 1.000 kilog.

La question est de savoir si cet excès de dépense n'est pas compensé par quelque autre avantage propre au mode usité. Or cette compensation me paraît manifeste. Elle se trouve dans la rapidité et la *précocité* de la production (si l'on peut s'exprimer ainsi), conditions qui sont on ne peut mieux favorisées par le mode d'abatage actuel.

En effet, ces 4 fr. ne représentent pas 2 p. o/o de la moindre valeur du minerai et, à ne considérer que l'abatage, on ne pouvait pas, au début

de l'exploitation, adopter un système plus avantageux que celui qui a prévalu, sans reculer d'une année au moins, la réalisation de la valeur des produits. De sorte qu'en portant intérêt une année plus tôt, le minerai paye non-seulement cet excès de dépense, mais encore le surcroît de frais dont ce mode d'abatage grève l'exploitation, en interdisant l'emploi des moyens de transport perfectionnés que la manière d'être du gîte permettrait avec avantage.

Pour se convaincre que le mode d'abatage usité rend le minerai disponible une année plus tôt, il suffit de remarquer que les deux modes en présence, étant l'abatage de haut en bas et l'abatage de bas en haut, ce dernier mode ne peut permettre la prise de possession du minerai qu'après l'achèvement des travaux nécessaires pour passer d'une première galerie de niveau à la galerie de niveau inférieure. Ce passage ne peut avoir lieu qu'à l'aide de foncées approfondies sur le minerai, ou à l'aide de puits verticaux et de galeries communiquant des puits au filon. Il ne suffit même pas, pour pouvoir entrer en jouissance, d'avoir achevé ces travaux préparatoires, il faut encore, dans l'un comme dans l'autre système, que la galerie de niveau inférieure elle-même soit ouverte en grande partie.

La communication par puits et galeries ne permettrait d'ailleurs l'abatage par ouvrages de bas en haut, avec dégagement sur deux faces, qu'après l'établissement préalable d'une entaille ouverte sur le filon d'un niveau à l'autre.

La question se réduit donc à apprécier le temps nécessaire à l'établissement de ces différents travanx préparatoires.

Or, pour ce qui est des foncées, nous avons une mesure directe du temps nécessaire. On a vu qu'il y avait actuellement six étages d'exploitation.

D'autre part, on sait que l'exploitation date de 1839, c'est donc un étage ou, ce qui revient au même, une foncée de 33 vares par an.

La connaissance du temps nécessaire à l'abatage de 1 mètre cube de minerai fournit, en outre, un moyen suffisant de vérification, qui donne à cette estimation toute la précision nécessaire.

On a vu, en effet, que l'abatage de 1 mètre cube exige 10 postes de picadores, et cela, en considérant ensemble l'abatage des foncées qui est le plus malaisé et l'abatage des piliers compris entre les foncées, qui est le plus favorable. Comme le travail souterrain est continu dans la Sierra Almagrera, il résulte de ce qui précède qu'il faut plus de 10 jours pour avancer de 1 mètre une foncée de 2 mètres de hauteur sur 1 mètre de largeur. On aurait beau mettre, dans une foncée de 3 vares, trois hommes à la fois, par 2 mètres de puissance de filon, que l'on parviendrait tout au plus à gagner pour l'avancement $^1/_7$ du temps qui serait nécesssaire à deux hommes.

On conclut de là que, pour avancer la foncée de la hauteur d'un niveau, c'est-à-dire de 28 mètres, suivant la pente, il faut de 238 à 280 jours. On trouve, plus exactement, de 285 à 336, c'est-à-dire une année bien complète, si l'on remarque que le terme de 10 postes par mètre cube n'est qu'une moyenne entre le temps nécessaire à l'abatage par foncées et le temps qui suffit à l'abatage de bas en haut. On doit donc avoir, d'après les rapports établis ci-dessus, 12 postes pour le premier mode, qui est celui que nous avons à

considérer et 8 pour le second. Or 28 mètres $\times$ 12 = 336.

A l'année nécessaire à l'établissement de la foncée il faut ajouter le temps nécessaire à l'avancement convenable de la galerie inférieure.

Un mode d'abatage basé sur cette disposition retarderait donc de plus d'une année le moment où il serait possible d'entamer à la fois, comme on le fait tout d'abord actuellement, la moitié d'un massif limité par deux niveaux successifs.

Pour qu'on pût se flatter de gagner quelque chose à cet égard, en faisant usage de puits et de galeries à travers bancs, il faudrait que la roche encaissante fût considérablement plus favorable à l'avancement que la matière du filon. Car ayant tout de même à faire la galerie inférieure et au moins une entaille, il est bien invraisemblable que la différence du temps nécessaire à cette entaille, relativement à celui qu'exige la foncée, puisse être suffisante pour permettre l'établissement d'un puits de 30 mètres et d'une galerie de 12 à 15 mètres, ouvrages qui, dans des conditions favorables, peuvent demander cinq ou six mois. Ce temps d'ailleurs est suffisant, à lui seul, pour faire porter à l'argent produit par la vente du minerai, un intérêt supérieur à l'excès de dépense qu'entraîne le mode d'abatage usité.

Ainsi, ce mode d'abatage était convenable non-seulement au début de l'exploitation, lorsque le minerai était trois fois plus riche, mais il paraît l'être encore aujourd'hui pour des minerais dont la valeur n'a rien d'extraordinaire (18 francs environ par 100 kilogrammes).

Toutefois, il ne faut pas se dissimuler que cette convenance tend à disparaître à mesure que les

travaux s'approfondissent, et cela indépendamment de l'appauvrissement du minerai qui n'est qu'un fait particulier. En thèse générale, l'exploitation de bas en haut offre des avantages tels, tant par rapport à l'abatage que par rapport au transport souterrain, qu'il eût été bon, ce semble, de se ménager la faculté d'en jouir, en établissant de bonne heure un ouvrage spécial destiné à aller rejoindre la profondeur, pour y préparer un champ d'exploitation capable de soutenir, à son tour, l'activité qu'on a su imprimer, tout d'abord, à la production. Une année ayant suffi pour reconnaître l'importance du gîte, les cinq années suivantes auraient pu être employées en travaux préparatoires dirigés dans ce sens, et si ce temps suffisait pour préparer des champs d'exploitation nouveaux situés à des niveaux notablement plus bas que ceux que l'on tient, le système usité cesserait d'être justifiable pour l'avenir.

Le filon de San-Gabriel, qui n'est peut-être qu'une dépendance du filon principal du Jaroso, mais qui en diffère essentiellement en ce que le minerai n'a pas éprouvé d'altérations chimiques postérieures à sa formation, ce filon paraît donner lieu à un abatage bien plus productif que le filon principal. Je trouve en effet, dans mes notes, que les 14 picadores employés à la concession de San-Gabriel produisent journellement 1.240 arrobes de minerai, dont le détail a été donné précédemment.

Cela fait 88 arrobes ou 1.000 kil. par poste de picador.

Bien que le minerai de San-Gabriel puisse être plus lourd que celui qu'on retire actuellement du filon principal, une différence de 1 à 3, calculée sans tenir compte des nulles valeurs de San-Ga-

briel, cette différence est trop grande, pour qu'une simple variation de densité puisse l'expliquer. Je suis porté à croire que si les renseignements qu'on m'a donnés sont exacts, l'abatage facile de San-Gabriel provient de la disposition accidentelle des ateliers souterrains.

L'aérage est difficile dans les parties les plus profondes de cette mine et pendant les chaleurs de l'été on avait supprimé le travail des foncées pour occuper tous les picadores à l'enlèvement des piliers intermédiaires, ouvrage extrêmement favorable à la rapidité de l'exploitation. C'est pourquoi il peut convenir de réduire notablement la production des mines du second groupe, qui a été calculée d'après celle de San-Gabriel.

Transports souterrains.

Je ne puis pas dire que le roulage souterrain soit inusité dans le midi de l'Espagne, puisque M. Paillette parle de « *rouleurs* qui laissent leurs lampes » à poste fixe enchâssées dans les parois de la ga- » lerie (1) », mais je n'ai eu connaissance que de deux moyens de transport : le transport à dos et le transport de la main à la main.

On comprend d'ailleurs, après ce qui a été dit, tant de la manière d'être des gîtes que des systèmes d'exploitation usités, que si ces deux moyens de transport ne sont pas exclusivement en usage, il doit y avoir bien peu d'exceptions. En effet, ou bien les gîtes sont irréguliers et, dans ce cas, les travaux conservent scrupuleusement toutes les irrégularités des gîtes, ou bien ceux-ci sont réguliers et l'abatage est conduit de manière à enlever

(1) Annales des mines, 3e série, t. XIX, p. 230.

plus exactement, la matière nécessaire pour les remplir. Ils se reposent ensuite pendant 4 heures, après quoi ils reprennent leur travail pour faire un nouveau poste de 4 heures, ce qui fait 8 heures de travail effectif, pour 12 heures de présence à l'atelier.

Ces enfants ne travaillent pas pendant la nuit. Ils sont payés sur le pied de 4 réaux 1/4, savoir 2 réaux et la nourriture.

On trouve, d'après ces données, que pour une dépense de 1f,15, on obtient un effet utile de 25.000 à 37.500 kilogrammes transportés à 1 mètre, soit moyennement 31.250 kilogrammes transportés à 1 mètre.

Bien qu'il soit difficile de garantir l'exactitude de ces chiffres que je n'ai pas pu contrôler par des indications prises ailleurs, j'ai quelque raison de les croire admissibles.

Je vais déduire les raisons de cette opinion, ce qui me permettra d'établir en même temps des données relatives au transport à dos.

Plusieurs fois j'ai eu occasion d'observer le travail de manœuvres élevant verticalement des fardeaux, en se les passant de la main à la main. Il s'agissait de tasser du bois, en plein air, sur une hauteur de 12 à 13 mètres : les ouvriers (des jeunes hommes de 20 à 25 ans) se tenaient, à la suite l'un de l'autre, sur une échelle inclinée de 80° environ; les pieds de l'un portant à la hauteur des épaules de l'autre, de manière à occuper chacun une hauteur verticale moyenne de 1m,30. On élevait le bois par 3 ou 4 bûches à la fois, en se les passant de mains en mains.

L'effet utile d'un homme travaillant de cette manière et gagnant 1 fr. par jour est de 16.000

De 10 à 15 ans,	25 kilog. de lignite.
15 à 18	40 *id.*
18 à 20	63 *id.*

Ces charges sont transportées, à raison de dix-huit voyages par jour, sur un chemin de 250 mètres, dont 100 mètres de niveau et 150 mètres inclinés de 40° (1).

Il est bon de noter que dans les mines de lignites des Bouches-du-Rhône on fait usage de corbeilles en sparterie d'une capacité de 30 litres environ, comme dans le midi de l'Espagne.

On voit que, dans ces conditions, les ouvriers de différents âges parcourant uniformément par jour 4.500 mètres sous charge, l'effet utile des hommes est de 283.500 kilogr. transportés à 1 mètre, la distance étant mesurée sur le chemin lui-même, abstraction faite des pentes, tandis que l'effet utile des enfants de 10 à 15 ans n'est que de 112.500 kilogr. transportés à 1 mètre, c'est-à-dire moindre dans le rapport de 40 : 100.

Muni de ces données, nous n'avons plus qu'à chercher la quantité de travail qu'on pourrait attendre de porteurs à dos parcourant des chemins analogues à ceux sur lesquels se fait le transport de la main à la main, si ces chemins étaient assez larges et élevés pour permettre le transport à dos.

Or, il semble résulter d'un tableau donné par M. Gervoy (2) pour huit exemples empruntés aux mines de Saint-Étienne, que, pour des chemins à pentes variables de 0 à 45° et pour des parcours variables de 45 à 150 mètres, le parcours total sous charge, par voies de qualités fort différentes,

(1) Cette quantité de travail est produite en 5 heures 1/2 d'occupation effective.

(2) Annales des mines, 3e série, t. X, p. 408.

ne varie que de 3.960 à 4.860 mètres, ce qui donne une moyenne de 4.410 bien rapprochée du chiffre indiqué ci-dessus pour les mines de lignite des Bouches-du-Rhône.

La charge varie de 40 à 75 kilogr., et l'effet utile est moyennement de 231.000 kilogr. transportés à 1 mètre mesuré sur le chemin parcouru.

J'ai laissé de côté, dans le tableau de M. Gervoy, la dernière indication relative à Roche-la-Molière, parce qu'elle comprend des pentes montantes et descendantes, qu'elle diffère considérablement des autres exemples dont les conditions sont pourtant fort variées, et enfin parce qu'une indication relative à la même mine et aux mêmes conditions, que je trouve dans l'excellent Traité de l'exploitation des mines, de M. Combes, ne donne que 4.860 mètres parcourus sous charge, au lieu de 6.075, et 252.000 kilogrammes transportés à 1 mètre au lieu de 304.000, c'est-à-dire, comme l'on voit, des résultats aussi semblables aux précédents que de pareils résultats peuvent être semblables.

Je me crois donc fondé, d'après ces nombreux exemples concordants, à admettre le chiffre rond de 250.000 kilogrammes transportés à 1 mètre, comme applicable à des chemins analogues à ceux dont nous nous occupons, en supposant d'ailleurs le passage suffisamment exhaussé. Navier donne, pour le transport horizontal à dos, un chiffre près de trois fois aussi élevé ; les exemples rapportés ci-dessus permettent de croire qu'il s'applique à des conditions de travail bien différentes de celles qui nous intéressent.

Quoi qu'il en soit, si le chiffre de 250.000 kilogr. convient à des hommes portant à dos dans des ga-

Enfin ce dernier chiffre se trouve vérifié directement à son tour par l'exemple des pelleteurs de quinze à dix-huit ans employés aux mines de Poullaouen. Ces enfants sont payés à raison de 15 cent. par mètre cube excavé projeté à des distances horizontales comprises entre 1 et 4 mètres, soit moyennement $2^m,50$; ces enfants gagnent de 60 à 70 centimes, ce qui correspond à plus de 10.000 kilogr. projetés à $2^m,50$, c'est-à-dire à plus de 25.000 kilogr. projetés à un mètre.

Les données rapportées ci-dessus au sujet du portage à dos sont bonnes à noter, ne serait ce que comme chiffres à vérifier ; car je n'ai pas pu obtenir de renseignements directs à ce sujet. Les seules indications que je trouve dans mes notes sont relatives au poids de la charge. Portage à dos.

A la mine San Juan et Santa Anna de Almazarron, pour un enfant qui pouvait avoir de quinze à seize ans, le minerai était contenu dans une capace à deux anses reliées par une corde que l'enfant tenait à la main par-dessus son épaule, la capace pleine étant sur son dos, disposée comme le montre la *fig.* 2, *Pl. VI*. On chargeait à la fois de 3 à 4 1/2 arrobes, soit de $34^k,50$ à $51^k,75$, ou moyennement 43 kilog. L'enfant avait à gravir un escalier de 45° suivant un parcours d'environ 160 mètres.

Tout ce que j'ai pu savoir, c'est que tout son temps était pris à desservir un picador.

Dans la mine du Carmen (Sierra Almagrera), le transport est fait par des hommes à l'aide de grandes capaces dites *esportones* qui contiennent 1 1/2 quintal de minerai, soit 79 kilogr.

Ces manœuvres ont le dos garni d'un petit tapis de spart.

source, donnent, pour ce rapport, 25/63, c'est-à-dire 2/5.

L'appréciation comparative de l'effet utile des porteurs à dos est peut-être plus impraticable encore dans le système qui consiste à ne tenir compte que de la hauteur à laquelle la charge est élevée, car, dans ce cas, il arrive que, par suite des sujétions propres à ce genre de travail, la mesure qu'on obtient est d'autant plus grande que la quantité de minerai transportée est plus petite. C'est au point que l'effet utile se trouve réduit à zéro pour des chemins de niveau. Cette dernière circonstance s'accorde d'ailleurs avec la manière ordinaire d'apprécier le travail mécanique. Poncelet, par exemple, dit positivement que, sous le point de vue purement mécanique, mouvoir un fardeau horizontalement n'est pas travailler.

Mais le praticien ne saurait admettre une manière de voir aussi abstraite. Pour le praticien, travailler c'est produire un effet utile, en luttant contre une résistance. Partant de là, on a peine à comprendre que l'effet utile du portage à dos ne soit pas susceptible d'être exprimé par une formule unique applicable à toutes les pentes praticables, sans en excepter la moins malaisée à gravir, la pente de 0°; celle qui permet de déplacer la plus grande masse de matières, en un temps donné.

Quoi qu'il en soit, il est incontestable qu'il serait commode d'avoir une mesure à laquelle on puisse rapporter toutes les circonstances possibles du portage à dos, pour juger si les exemples qu'on peut avoir à considérer correspondent à un travail bon ou mauvais.

Formule relative au portage à dos.

Cette convenance d'une part, et, de l'autre, le défaut d'accord des auteurs à ce sujet, feront ac-

cueillir, avec indulgence, la formule suivante que je vais tâcher de justifier.

J'ai fait remarquer précédemment entre quelles étroites limites sont comprises les distances qu'un homme peut journellement parcourir, sous charge, dans des conditions extrêmement variées, empruntées à la totalité des exemples que j'ai pu recueillir. Mais, chose remarquable, cette constance du chemin parcouru journellement par un homme, paraît persister bien au delà des limites de pente de 0° à 45° qui figurent dans les exemples cités, à tel point qu'il semble légitime de supposer ce parcours indépendant du degré d'inclinaison du chemin.

Je trouve en effet que cette distance est encore sensiblement la même pour une pente de 90°, c'est-à-dire pour un homme grimpant le long d'une échelle verticale.

Ainsi, l'on sait que M. l'officier du génie Coignet a mis en pratique ce principe de Coulomb qu'un homme montant à vide et dont on emploie comme moteur le poids descendant, produit le maximum d'effet utile. L'homme s'élevait au moyen d'une échelle à 85° de pente (Atlas de Sganzin, *Pl. XXI*).

Or, dans ce travail, chaque manœuvre élevait journellement 310 fois, à la hauteur de 13 mètres, le poids de son corps (70 kilogrammes environ), c'est-à-dire que le chemin parcouru, sous charge réduite à zéro, il est vrai, était de 4.060 mètres. D'autre part, l'exemple de la mine du Breuil donné par M. Gervoy, autorise à admettre que, sur un chemin du niveau et sous une charge de 70 kilog. environ, un homme ne parcourt pas plus de 4.320 mètres. De sorte que, d'après ces deux exemples

extrêmes, on est porté à supposer que, pour des pentes variant de 0 à 90°, le chemin parcouru reste sensiblement le même, 4.200 mètres environ, mais que la charge varie de 70 à 0 kil. Il suffit d'admettre que cette variation doit être régulière et en raison inverse de la pente α, pour arriver à établir comme mesure de l'effet utile d'un porteur à dos une expression de la forme :

$$4.200 \text{ mèt.} \times 70 \text{ kil.} \cos \alpha.$$

Or, si l'on essaye cette formule pour les cas intermédiaires d'une pente de 45°, on trouve 49 kil. environ pour la charge correspondante; et comme cette donnée est d'accord avec les conditions de travail de la mine Quantin, citée par M. Gervoy, j'ose proposer la formule :

$$4.200 \text{ mèt.} \times 70 \text{ kil.} \cos \alpha.$$

comme expression générale à laquelle on peut rapporter les différents transports à dos dont on aura des exemples, pour comparer ces exemples entre eux.

Cette formule pourra servir, en même temps, à établir *à priori* l'effet utile qu'on doit attendre d'un porteur à dos, dans une circonstance donnée. Il suffira, pour lui donner toute la généralité désirable, d'y introduire les coefficients 0,40, 0,60 et 1,00 suivant que l'âge des porteurs sera compris entre 10 et 15 ans, entre 15 et 18 ou 18 et 22 et au-dessus.

Enfin, il pourra être utile de vérifier si les charges données par notre formule, pour les différents degrés d'inclinaison, ne sont pas en effet celles qui correspondent au maximum d'effet utile à obtenir d'un porteur.

Relativement aux travaux souterrains du midi Extraction.

de l'Espagne, nous n'avons plus à considérer que l'extraction des minerais par les puits. On a vu que, sauf de très-rares exceptions, c'est à l'aide de treuils que cette extraction a lieu.

Treuils. Ces treuils sont fort remarquables et je ne sache pas que la disposition qui leur est propre soit usitée dans les mines du nord de l'Europe.

Les treuils espagnols (voir *Pl. VI*, *fig.* 3 et 4) sont essentiellement caractérisés par la forme de l'arbre qui est creusé en gorge de poulie. Quelle que soit la profondeur du puits, cette gorge ne reçoit que 3 ou 4 tours de câble *a*, *b*, *c*, qui se renouvellent en se substituant les uns aux autres, comme pour les treuils ordinaires, mais sans courir sur l'arbre et sans jamais se couvrir en partie.

Ainsi le sommet de la courbe génératrice de la gorge étant constamment recouvert d'un tour de câble *a*, les deux autres tours *b* et *c* sont alternativement disposés à droite ou à gauche, comme le montre la fig. 4, suivant que la capace pleine qui monte est suspendue d'un côté ou de l'autre. Les choses étant dans cette situation, lorsqu'un quatrième tour s'enroule à la suite de *c*, il arrive que la charge sous laquelle le câble est tendu, venant à peser sur un élément de la gorge trop incliné pour que l'effet de la gravité puisse être encore neutralisé par le frottement, ce nouveau tour chasse sous lui les trois premiers, de manière à prendre la place de *c*, qui descend en *b*, lequel se substitue du même coup à *a*, qui disparaît par suite du *dévidement*.

Il en résulte que la longueur utile de l'arbre, celle qui reçoit le câble, est réduite à $0^m,24$ environ, dont moitié seulement est recouverte à la

fois. Cette longueur utile est facilement reconnaissable au poli que lui communique le frottement du câble. L'avantage de cette disposition ingénieuse est très-grand : en rendant la longueur de l'arbre du treuil indépendante de la profondeur du puits, elle permet de donner au puits un diamètre invariable et remarquablement petit, pour des profondeurs qui varient de 20 à 130 vares et peut-être davantage.

En faisant usage de treuils à arbre cylindrique, on ne pourrait réduire au minimum les frais de percement du puits qu'en s'assujettissant à faire enrouler le câble sur lui-même, ce qui donne lieu à des variations de résistance qui ne permettent pas de recourir à cette disposition entre des limites de profondeur d'une certaine étendue.

Dans le système espagnol, au contraire, la résistance ne varie qu'en raison des variations de longueur du câble qui monte et du câble qui descend, et le système ordinaire est pareillement soumis à ces variations.

On pourrait croire que la faculté de réduire la largeur des puits, qui constitue le principal avantage dû au peu de longueur de l'arbre dans le système espagnol, doit, par compensation, donner lieu à des accidents ou du moins à des résistances qui peuvent résulter de la rencontre du vase plein qui monte et du vase vide qui descend. Il est certain que, dans le système ordinaire, les deux vases peuvent être maintenus à distance plus facilement : on a même coutume, dans la détermination de la largeur à donner à un puits, de tenir compte non-seulement de la profondeur du puits et de la longueur d'arbre de treuil que cette profondeur commande, mais encore des conditions

par une cordelette bouclée B, qui fait corps avec le câble. Ou bien le câble étant terminé par une boucle invariable *c*, ce sont les anses de la capace qui sont disposées de manière à pouvoir s'attacher au câble ou s'en détacher, par la simple insertion d'un nœud *a* dans une boucle *b*; comme le montre la *fig*. 6.

L'axe de l'arbre est généralement peu élevé au-dessus de terre (0m,75 à 0m,85 au plus) : le diamètre du tambour variable de 0m,50 à 0m,70 mesurés au fond de la gorge, est habituellement égal au rayon des manivelles.

Chacune de celles-ci, à bras communément courbes, est tenu par un ou deux hommes (*torneros*) suivant la profondeur du puits. Les manœuvres, placés à la manivelle la plus rapprochée de la charge montante, la tiennent à deux mains.

Ceux qui sont à la manivelle opposée s'appuient d'une main contre le montant du treuil, ou même, dans certaines mines, ils se soutiennent, d'une main, (*d*, *fig*. 4) à une corde suspendue au plafond de la barraque qui recouvre l'orifice du puits. Dans ce cas, chacun des extracteurs a sa corde suspendue à 1 mètre environ de l'axe du treuil, dans la direction des montants qui supportent l'arbre, ils changent de main souvent, pour travailler successivement du bras droit et du bras gauche, tandis que leurs camarades de l'extrémité opposée de l'axe maintiennent leurs deux mains à la manivelle.

Cette manière de travailler semble avoir pour effet, relativement aux manœuvres qui en usent, de donner lieu à un partage inégal de l'effort à faire; inégalité qui se trouve compensée finalement pour un nombre pair d'esportones extraits

et, peut-être, permet-elle un développement de force musculaire plus grand que ne le ferait un travail plus uniformément soutenu.

Arrivée au jour, la charge est tirée à terre par un ouvrier spécialement affecté à ce service : il détache la capace, la vide à proximité, ou la charge sur son dos, en la saisissant par le nœud ou l'anse, pour la transporter au tas et il la rejette vide dans le puits, pendant qu'une nouvelle capace pleine remonte. De cette manière, la capace vide ne fait pas équilibre à la capace pleine. Il faut croire que le faible avantage qui pourrait résulter de cet équilibre ne serait pas suffisant pour compenser la perte de temps et les chances d'accrochement qu'entraînerait une disposition différente. La perte de temps doit être l'inconvénient principal qu'on a cherché à éviter, car avec des vases sans rigidité et d'une légèreté aussi grande que ceux dont on fait usage, l'accrochement ne saurait causer grand dommage. Il est à remarquer aussi que trois tours de câble, sans charge à l'extrémité descendante, suffisent pour permettre la montée du câble chargé de tout son poids et de celui de la capace pleine, sans donner lieu à glissement.

Dans la Sierra Almagrera, à un puits de 1^{m},05 de diamètre, en 40 minutes, j'ai vu extraire, de 60 mètres environ de profondeur, par quatre hommes de taille médiocre, deux esportones contenant chacun 6 arrobes (69 kilogr.) de minerai.

L'arbre du treuil, représenté *fig.* 3 et 4, avait 0^{m},60 de diamètre au fond de la gorge; le câble, en sparterie, avait 0^{m},03 de diamètre.

On m'a assuré que le travail effectif de ces torneros durait 12 heures, pendant lesquelles ils montaient au jour 240 esportones.

D'après ce qui précède, on voit que ces 12 heures de travail effectif ne représentent que 8 heures de travail aussi énergique que celui dont j'ai été témoin. Encore, de ces 8 heures, faut-il en retrancher 1 1/2, nécessaire au décrocheur pour enlever la charge.

L'effet utile journalier, indépendant de la durée du travail, surpasserait, dans tous les cas, 246.000 kilogr. par homme, chiffre incroyablement élevé, dont il importerait de pouvoir vérifier l'exactitude.

La vérification est loin de ressortir, d'une manière qui ne laisse rien à désirer, des données que j'ai pu recueillir ailleurs; mais on ne verra pas sans intérêt la reproduction d'un chiffre identique dans un exemple emprunté à la Sierra de Gador et relatif à des conditions de travail fort différentes.

Cet exemple, que j'ai lieu de croire digne de foi, ne donne, il est vrai, le chiffre de 246.330 kilogrammètres que comme un maximum correspondant à l'extraction du minerai, tandis que le minimum, qui se rapporte à l'extraction des parties purement pierreuses, n'est que de 164.227 kilogrammètres. Rien ne dit d'ailleurs que l'extraction de l'une ou de l'autre matière ait lieu d'une manière exclusive, pendant toute une journée, et aux conditions que je rapporte; mais, d'autre part, l'exemple de la Sierra de Gador s'applique à une profondeur trois fois moindre que celle qui a fourni le chiffre relatif à la Sierra Almagrera, ce qui fait peut-être une certaine différence en faveur de la Sierra de Gador, en raison d'une moindre continuité de travail.

Je ne parle pas de l'excès du poids du câble à élever à l'origine du mouvement, car la fatigue

CANTONS DES MINES.	PROFONDEUR des puits.	NOMBRE d'hommes.	DIAMÈTRE des treuils.	NOMBRE de charges par poste.	POIDS d'une charge.	TRAVAIL UTILE journalier d'un treuil.	TRAVAIL UTILE journalier d'un tornero.
	mètres.		mètres.				
Almazarron	22	2	0,50	»	Décombres.	»	»
	22	3	0,50	»	Un homme à descendre ou à remonter.	»	»
	85	4	0,70	»	46kil.	Abattage de 4 picadores.	»
Sierra-Almagrera	51	4	»	215	69	756.585	189.146
	59,5	4	0,60	240	69	985.320	246.330
	109	5 (1)	»	160	46? (2)	802.240	160.448
	28 (3)	4	0,50	300	69?	579.600	149.800
Sierra de Gador	68	4	0,60	320	46	656.880	164.220
	20,4	4	0,50	700	46	656.880	164.220
	»	»	»	»	69	985.320	246.330

(1) 4 hommes travaillant à la fois, le cinquième se repose.

(2) Je n'ai pas pris note du poids de la charge qui varie dans les différentes mines de 4 à 6 arrobes (46 à 69 kilog.), mais les données du tableau s'appliquent à la mine de San-Gabriel dont la production journalière est de 1.240 arrobes de minerai propre à être vendu, soit 14.000 kilog. correspondant à 1.654.340 kilogrammètres par jour. Ce chiffre étant notablement supérieur à celui qui correspond à la charge la plus grande et ne différant pas sensiblement du double du chiffre correspondant à la charge la plus faible, peut-être doit-on conclure de ces circonstances que l'on extrait nuit et jour et que c'est la charge la plus faible qui est usitée, ce qui donne 160.000 kilogrammètres.

(3) Extraction dans une foncée ou puits incliné de 65 à 70°. Je n'ai pas noté si les 4 hommes sont 4 torneros ou si l'on comprend dans le nombre l'accrocheur et le décrocheur. Dans cette dernière hypothèse, le travail utile du tornero serait le plus considérable du tableau, il s'élèverait à près de 300.000 kilogrammètres, chiffre qu'on doit regarder comme inadmissible.

Le mur de la foncée est recouvert d'une sorte de couloir en planches de sapin pourvu de rebords de $0^m,16$ de hauteur. Ce couloir est divisé en deux voies de $0^m,65$ de largeur qu'une longrine de $0^m,10$ sépare sur toute la hauteur. Les caisses glissent ainsi sur un plancher uni qui soutient une portion de la charge (10 pour 100 environ d'après la pente); mais, d'autre part, le frottement peut donner lieu à une surcharge équivalente (13 pour 100 environ), de sorte que tout compte fait, l'effet utile ne devrait pas différer notablement de ce qu'il est pour un puits vertical. Cette considération doit faire regarder comme probable que les 4 hommes indiqués sont des torneros et que l'effet utile moyen de chacun d'eux est d'environ 150.000 kilogrammètres.

Bien qu'il soit impossible de rien conclure de positif de ce tableau, il ne doit pas laisser de doute, ce me semble, sur le chiffre généralement considérable du travail utile des torneros (1).

Ces ouvriers travaillent de 8 à 12 heures par jour, suivant l'activité de l'exploitation, ce qui ne fait rien, du reste, au travail effectif qu'ils produisent journellement.

Les torneros sont payés sur le pied de 6 3/4 à 7 réaux par jour ($1^f,82$ à $1^f,89$) dans la Sierra de Gador comme dans la Sierra Almagrera. C'est le prix des picadores travaillant à la poudre.

Les câbles en spart, dont on fait usage, ont $0^m,03$ environ de diamètre. Dans un puits sec, ils durent de 20 à 25 jours et jusqu'à 40 jours. Cette durée n'a rien d'excessif, et je crois qu'à force et à fatigues égales, les câbles de chanvre dureraient davantage, dans de pareilles circonstances, à moins que le glissement continuel du câble sur la gorge du treuil ne soit une cause de destruction notable, cause dont les treuils ordinaires sont exempts.

Dans la Sierra de Gador, les câbles de 3 centimètres de diamètre coûtent 55 réaux les 100 vares, soit $17^f,40$ les 100 mètres.

---

(1) Voir, pour terme de comparaison, d'Aubuisson (Hydraulique, p. 468), qui donne, pour les mines de la Saxe, de 124.000 à 143.000 kilogrammètres, et Combes (Ann. des mines, 3e série, t. VIII, p. 433), qui rapporte neuf données comprises entre 90.000 et 184.000 kilogrammètres. Mais il est bon de remarquer que celles de ces données qui dépassent 151.000 kilogrammètres se déduisent d'un poids hypothétique de la matière extraite, poids que la majeure partie des autres exemples doit faire regarder comme douteux et comme pouvant être trop élevé de 10 p. 0/0.

On m'a dit qu'à Linarès (mines de plomb et de cuivre de la Sierra-Morena) le prix était moitié moindre; mais je n'ose pas répondre de ce prix, qui m'a été donné par la même personne dont les indications relatives au prix des bois de pin paraissent si exagérées.

Le prix de 55 réaux est du reste fort bas lui-même. Il est plus de quatre fois moindre que le prix des câbles pour treuil, de même force et de même longueur, qu'on peut se procurer en France.

Je n'ai pas pu avoir le poids des câbles de treuil en sparterie. Ils sont vendus à la longueur, et sont fabriqués sans eau ni goudron, à la façon d'ailleurs des câbles en chanvre; mais les câbles en sparterie paraissent plus légers, et je suppose que leur poids ne doit pas dépasser beaucoup 50 ou 60 kilogrammes par 100 mètres.

Relativement à des câbles en chanvre de même force, qui, dans la plupart des mines métalliques, pèseraient 75 kilogr. au moins, abstraction faite de l'eau et de la boue dont ils se chargeraient au travail, la différence de poids serait à ce compte très-notable.

L'emploi du treuil espagnol paraît être parfaitement approprié aux circonstances locales que j'ai fait connaître; mais il est douteux qu'il convienne également à des mines mouillées, boueuses et condamnées à l'usage de vases fragiles et de forme invariable. Dans ces conditions, l'expérience s'est prononcée en faveur des arbres de treuil de $0^{m},24$ à $0^{m},36$. Or des diamètres pareils rendraient inévitables l'accrochement des vases en mouvement: il deviendrait donc nécessaire de diviser le puits en deux gaînes sur toute la hauteur, ce qui pourrait avoir des inconvénients de plus

d'un genre et se trouver définitivement plus onéreux que l'élargissement du puits et l'usage de treuils cylindriques allongés avec câble courant sur l'arbre, et 20 à 30 tours enroulés autour, pour écarter convenablement les deux vases en mouvement.

Machines à molettes.

Dans les quatre cantons de mines que j'ai visitées, le treuil espagnol est tellement en faveur, que je ne crois pas pouvoir porter à plus de quatre le nombre des manéges qui y sont établis pour l'extraction : un à Almazarron et trois dans la Sierra Almagrera; les uns et les autres pour des profondeurs de puits qui sont desservies par des treuils dans des exploitations voisines. Ces manéges sont mus par des mules de moyenne taille qui coûtent 3.000 réaux l'une (810 fr.) et nécessitent, pour leur entretien, une dépense journalière de 5 réaux ($1^f,35$) (2), sans compter l'homme qui les conduit, dont le salaire est d'une piécette par jour ($1^f,08$).

Deux câbles alternants.

Le puits commun à l'Observación et au Carmen, dont il a été déjà question, est desservi par un manége à arbre vertical portant deux bras ho-

(1) Dans le midi de l'Espagne l'orge et la paille hachée composent la nourriture des bêtes de somme. Je n'ai vu donner de fourrage vert qu'aux bœufs qui font mouvoir les norias employés aux irrigations : on les nourrit de tiges de maïs.

Le foin paraît manquer même à Madrid; dans les écuries de la reine on ne voit pas de râteliers, mais seulement des auges.

La paille hachée ne doit pas avoir grande valeur, car on ne fait rien pour l'économiser. Les épis sont coupés à $0^m,30$ ou $0^m,40$ de terre : on brûle le reste sur pied. La séparation du grain s'obtient en même temps que la division de la paille par un procédé assez curieux : les

rizontaux de 7 mètres de longueur chacun ; élevés de 2 mètres environ au-dessus du sol.

Un seul des bras est utilisé, bien qu'on fasse usage de deux mules. On les attelle de front à une même barre attachée à l'extrémité du lien qui soutient le bras. Cette disposition doit faciliter beaucoup la conduite des deux bêtes, qui tirent rarement ensemble lorsqu'elles sont attelées à deux bras différents.

Les bras du manége que je décris, sont soutenus par deux grands liens inclinés de 45° environ, qui s'assemblent par leur partie supérieure à l'arbre vertical, un peu au-dessous du tambour, tandis que l'extrémité opposée est boulonnée sur le bras et se prolonge au-dessous, de manière à donner prise au point d'attache des mules, à hauteur convenable, tout en laissant sous les bras un libre passage pour changer le sens du mouvement.

L'un des liens est disposé en escalier, à l'aide de petites traverses rapportées, qui forment gradins, et d'un garde-corps très-léger. Cette disposition permet de monter facilement du sol du manége au tambour. Celui-ci est cylindrique et divisé en

---

gerbes étant étendues sur une aire très-vaste où l'on apporte la récolte de tout un canton, l'ouvrier les foule et les sillonne en tout sens, traîné par une mule sur un plateau de bois recourbé en avant et armé en dessous de lames d'acier ou même simplement de morceaux de silex. L'homme est debout, la bride à la main, passant et repassant sur les gerbes que d'autres ouvriers retournent à mesure en les agitant sous le vent. Sur cet humble char, avec leurs jambes et leurs bras nuds, ces hommes, au teint bistré, ont un maintien grave et fier qui rappelle certains bas-reliefs antiques, ou mieux encore les poses italiennes du regrettable Léopold Robert.

une nouvelle caisse pendant le temps de l'ascension, sans attendre le retour de la caisse vide. Une fois celle-ci arrivée au bas du puits, il n'y a plus, de cette manière, qu'à lui substituer la caisse pleine, ce que le chargeur peut faire en toute sécurité pendant le déchargement qui a lieu à l'orifice, grâce au plancher mobile dont le puits est couvert.

Les deux mules attelées de front, extraient, par 12 heures, 60 caisses de minerai, de la profondeur de 96 vares (81^m,60) : ce sont 12 mètres cubes de matière ameublie qui doivent représenter de 6 à 7 mètres cubes de minerai en place. Or ce minerai ne doit pas peser moins de 3.500 kilog. par mètre cube.

Le travail utile d'une mule, déduit de l'exemple précédent, serait, à ce compte, compris entre 860.000 et 1.000.000 kilogrammètres. Malgré l'élévation du chiffre, j'admettrais volontiers 1.000.000 kilogrammètres comme plus conforme aux données que je possède, tant sur le foisonnement de matières analogues après l'abatage, dans des circonstances comparables, que sur la densité probable des minerais dont il s'agit.

Le manége d'une concession voisine, la Rescatada, fonctionne d'une manière toute différente. Un câble sans fin.
Ce sont encore deux mules attelées de front qui desservent ce manége ; les bras n'ont que 5 mètres de longueur. Le tambour vertical est conique; il a un diamètre moyen de 1 mètre environ. Ce que ce manége a de particulier c'est que les vases sont attachés, de distance en distance, à un câble sans fin qui circule dans le puits.

J'ai eu le tort de ne pas noter la disposition adoptée pour transmettre le mouvement de l'arbre vertical à la molette qui porte le câble sans

tesse correspondante ne devrait pas dépasser 75 mètres par minute (1), ce qui ne peut donner à la charge qu'une vitesse de $7^m,50$, c'est-à-dire d'un *esporton* au plus, mis au jour par minute. On pourrait à la rigueur admettre 2 *esportones* par minute, en considérant que la construction du manége autorise à regarder la charge de 805 kilog. comme un maximum correspondant au moment où le câble moteur occupe le petit bout du tambour conique et que le minimum de la charge pouvant être réduit à 0 *esporton*, l'effort moyen à exercer peut n'être que la moitié de celui dont les mules sont capables en marchant au pas; ce qui peut permettre de les faire aller au trot et de doubler ainsi la vitesse de l'extraction.

---

(1) Morin (Aide-mémoire, p. 454) ne donne que 4 mètres par minute pour la vitesse d'un mulet attelé à un manége et allant au pas; il donne seulement 30 kil. pour l'effort moyen exercé; mais le même auteur ne donne pour un cheval, dans les mêmes circonstances, que 45 kilog. d'effet moyen, avec la même vitesse. Or, M. Combes a fait remarquer (Ann. des mines, t. VIII, 3e série, p. 432) que, dans un manége de mines pour un travail intermittent, l'effort moyen de traction est bien supérieur à 45 kilog., et qu'il doit être regardé comme intermédiaire entre 60 et 70 kilog. D'autre part, je trouve qu'il résulte du tableau inséré en tête du mémoire que je cite, relatif aux mines de l'Erzgebirge saxon, que, pour un effort moyen de 60 kilog., mesuré abstraction faite des résistances passives, la vitesse moyenne des chevaux attelés aux manéges est de $1^m,27$ par seconde ou 76 mètres par minute.

Si donc on peut admettre, d'après Morin, que la vitesse d'un mulet est la même, et que l'effort exercé est les deux tiers de celui dont un cheval est capable, on trouve que, pour une vitesse de 76 mètres par minute, le mulet peut exercer un effort de 40 kilog.

Toutefois, si, au moyen de cet expédient, on parvient à obtenir 2 esportones par minute, ce ne peut être qu'aux dépens de l'effet utile qu'on pourrait obtenir de bêtes allant au pas : la réduction serait de 1/6 environ. Si donc nous avons cru pouvoir porter à 2.000.000 kilogrammètres l'effet utile journalier des deux mules employées au manége du Carmen, il ne faut pas compter plus de 1.600.000 kilogrammètres pour la Rescatada. Comme, en outre, la construction du manége de cette mine donne à croire que le travail est intermittent et que le mouvement doit avoir lieu moitié sous charge, moitié à vide, il s'ensuit qu'il faut 4 heures au plus pour épuiser la quantité de travail dont les deux mules sont capables.

On trouve qu'à ce compte le système d'extraction de la Rescatada permettrait de mettre au jour plus de 100.000 kilog. de minerai par 24 heures, c'est-à-dire la totalité de la production actuelle des concessions qui exploitent le filon principal du Jaroso.

Pour extraire une quantité de minerai pareille, le manége du Carmen demanderait que l'on épuisât l'effet utile des mules en 6 heures de travail. Je ne vois rien là qui ne soit réalisable même sans sortir de l'allure au pas. Il suffirait, je crois, de réduire la durée du remplissage et de la vidange de la caisse au minimum, au moyen de quelques-unes des dispositions usitées en pareil cas et de ne faire travailler les mêmes mules que pendant 3 heures consécutives.

Alors l'avantage du système de la Rescatada se réduirait, ce me semble, à la différence de poids qui peut exister entre 5 *esportons* et la caisse en bois contenant la même quantité de minerai. Cet

avantage, qui n'est pas propre au système lui-même, ne paraît pas pouvoir dépasser le 1/10 de l'effet utile réalisé au Carmen, car 5 *esportones* doivent peser près de 25 kilog. et la caisse employée au manége du Carmen ne doit pas peser plus de 65 kilog. C'est donc en faveur de la Rescatada une différence de 40 kilog. environ pour 400 kilog. de minerai. Cette différence de 1/10 serait entièrement absorbée et au delà, comme on l'a vu ci-dessus, si l'on voulait tirer des deux systèmes la plus grande quantité de minerai qu'ils peuvent mettre au jour. En outre, dans ce cas surtout, le système de la Rescatada, paraît être bien plus sujet à de fausses manœuvres que le système du Carmen. Le régime du manége de la Rescatada fût-il l'allure au pas (allure qui suffit amplement au maximum de production de cette mine, tout en ne mettant au jour que 1 esporton par minute au lieu de 3 ou 4 qui m'ont été indiqués), je croirais encore le système du Carmen préférable en raison de la simplicité de son service; mais je croirais bon de le mettre à l'espagnole en substituant, à la caisse en bois, 3 à 4 corbeilles en sparterie, plus légères et plus faciles à décharger.

De cette manière l'égalité d'effet utile se trouverait jointe à une facilité de service bien plus grande. L'usage d'esportones joint au plancher mobile, qui recouvre à volonté l'orifice du puits, permettrait, ce me semble, de détacher la charge montante au moyen d'un seul homme, ce qui ne paraît guère praticable à la Rescatada.

Quoi qu'il en soit, je dois dire que, jusqu'à pré-présent, le système de cette mine semble avoir pour lui la majorité des exploitants : sur trois manéges que j'ai vus dans la Sierra Almagrera,

deux sont à câble sans fin, celui de la Rescatada et celui de l'Esperanza.

Le puits de l'Esperanza a, de plus que celui de la Rescatada, une cloison verticale, qui le divise en deux, sur toute sa hauteur.

On m'a assuré que ni l'un ni l'autre n'avait de poulie à la partie inférieure du puits, pour maintenir l'écartement des deux brins du câble sans fin.

Rendus au jour les minerais sont soumis à quelques préparations mécaniques qui seront indiquées plus loin. On les emballe ensuite dans des *seras* (espèces de bourriches en sparterie, qui ne diffèrent des *capaces*, que par le défaut d'anses).

Une *sera* contient un quintal de minerai (46 kilog.); elle pèse elle-même de 5 à 6 livres (2 kilog. 1/2 environ), et coûte un demi-réal (13 centimes 1/2); tel est du moins le prix que l'on prend à l'acheteur de minerai.

Transport aux lieux de consommation. Le transport du minerai aux fonderies se fait à dos d'âne, dans la Sierra Almagrera comme dans la Sierra de Gador. On rencontre, dans les chemins, des caravanes de 50 ânes conduites chacune par cinq ou six hommes. Un âne porte deux *seras*, une de chaque côté. Les chemins de la Sierra Almagrera sont bons pour un pareil transport; on peut même les qualifier d'excellents, après avoir vu les chemins de la Sierra de Gador qui ne sauraient être praticables à un attelage, tandis que ceux de la Sierra Almagrera semblent pouvoir l'être.

La Esperanza et la Madrilena, celles des fonderies importantes qui sont les plus rapprochées des mines de la Sierra Almagrera (un peu à l'ouest de Villaricos, sur la côte), ont 1 réal 1/4 de frais de transport, par quintal de minerai (75 centimes environ par 100 kilog.). C'est le

moindre transport auquel le minerai de la Sierra Almagrera puisse être sujet; il donne lieu à un minimum de dépense annuelle de 240.000 fr. pour les 32.000 tonnes qui représentent la production actuelle des mines de ce canton. La distance à parcourir ne semble pas devoir être de plus de 5 ou 6 kilomètres.

Des spéculateurs tentés par l'importance de ce mouvement, ont entrepris d'établir une communication de niveau entre les mines et le bord de la mer, au moyen d'un percement souterrain. L'idée est bonne assurément, si le produit des mines doit se soutenir suffisamment longtemps sur le pied actuel, car, à vol d'oiseau, on compte à peine 3 kilomètres du cœur de la Sierra Almagrera à la mer. Mais il est regrettable que cet ouvrage s'exécute sans le concours des concessionnaires des mines productives. Non-seulement ceux-ci ne font rien pour accélérer le percement en y travaillant de leur côté, mais ils ne se tiennent pas même au courant de la situation d'une entreprise qui les touche de si près. D'autre part, les entrepreneurs du percement souterrain avancent, de la côte à l'intérieur, sans paraître se préoccuper de la manière d'être du gîte et des exploitations qu'ils veulent desservir. Il semble cependant que l'intérêt des uns et des autres commandait quelque sacrifice, pour pousser activement au moins un puits de reconnaissance jusqu'au niveau de la galerie de transport.

Les exploitants auraient pu, au moyen d'un ouvrage de ce genre approfondi au milieu de l'une des concessions productives, s'éclairer sur la durée de leur prospérité et se préparer le moyen d'apporter une modification avantageuse

dans le mode d'abatage actuellement usité, mode convenable à l'origine, comme on l'a vu, mais qui évidemment laissera d'autant plus à désirer pour l'économie, que le minerai s'appauvrira davantage, et qu'on aura eu plus de temps pour préparer un système d'exploitation plus satisfaisant.

Les entrepreneurs du percement souterrain auraient gagné à l'ouverture du puits que je propose, d'abord de s'assurer plus tôt si la persistance du minerai dans la profondeur justifiait leur entreprise, ensuite de hâter beaucoup la réalisation des avantages qu'ils attendent de l'exécution de leur projet. Cette dernière considération acquiert de l'importance, par suite de l'incertitude même où l'on est sur la durée des exploitations. L'incertitude à cet égard naît de l'appauvrissement progressif du minerai. Les exploitants ne se le dissimulent pas; c'est à cela, peut-être, qu'il faut attribuer leur indifférence. Les entrepreneurs du percement souterrain paraissent être au contraire pleins de foi dans la richesse indéfinie du filon, aussi n'est-ce pas une simple galerie de roulage qu'ils ont entreprise, c'est un *tunnel* à grande section (20 pieds de large, dit-on). Ils ne se sont même pas contentés d'un seul de ces tunnels, ils en ouvrent simultanément deux indépendants l'un de l'autre, et tout cela, m'a-t-on assuré, pour permettre aux voitures d'aller charger le minerai au cœur même des mines. On dirait qu'il n'est pas question de faire usage de chemins de fer.

Les deux compagnies se sont donné des noms qui témoignent de la vivacité de leurs espérances: l'une s'appelle *l'Infaillible*, l'autre *la Richesse positive*.

Il est permis de croire que le succès eût été plus infaillible encore, parce qu'il eût été plus prompt et plus positif, parce qu'il eût exigé moins de dépenses, si l'on s'était borné à entreprendre un seul percement de 2 mètres de hauteur sur 2 mètres de largeur. Une galerie pareille n'aurait pas dû coûter, ce me semble, plus de la moitié de ce que coûtera un tunnel de 20 pieds; pourvue de deux voies d'un chemin de fer de mine, elle aurait amplement suffi aux besoins des exploitations productives de la Sierra Almagrera, et l'économie qui pouvait résulter de cette réduction de la section transversale du percement, aurait pu être avantageusement employée à l'établissement d'un ou deux puits d'exploration et de contre-attaque dont les mines productives pouvaient d'ailleurs faire les frais.

On serait parvenu, sans doute, à amener les mines productives à prendre une partie de ces frais à leur charge, car un travail de ce genre les intéressait de bien des manières.

Ainsi, sans reparler de l'avantage d'être éclairé d'avance sur leur avenir, ce n'était pas une économie à dédaigner que la suppression d'une bonne partie des frais d'extraction, obtenue quelques années plus tôt : ces frais, qui ne laissent pas que d'être considérables à la profondeur que les travaux ont atteinte, seront évidemment réduits de beaucoup, du jour où le percement sera terminé. Il peut aussi arriver qu'exemptes d'eau jusqu'à ce jour, les mines productives ne jouissent pas indéfiniment de cet avantage : de là un autre intérêt (qui peut devenir considérable) à hâter la communication avec la galerie inférieure.

Enfin, l'on a vu qu'une économie de la plus haute

importance devrait résulter d'un système d'exploitation pris de bas en haut, substitué au système actuel, si l'on pouvait opérer ce changement sans perte de temps pour l'exploitation. Or on y serait parvenu, à coup sûr, à l'aide d'un puits qu'on aurait poussé assez vivement et assez profondément pour devancer de beaucoup les travaux d'approfondissement suivis sur le minerai. Pour satisfaire à ces conditions il aurait fallu joindre à notre puits d'exploration des traverses poussées au filon de distance en distance, pour le reconnaître et y préparer de nouveaux champs d'exploitation, pendant que l'on aurait continué d'imprimer à l'exploitation des parties supérieures l'activité remarquable qui y règne.

Les déblais provenant de ce grand puits d'exploration et de contre-attaque auraient trouvé leur emploi dans les exploitations avec lesquelles le puits se serait naturellement trouvé en communication. Cette communication, aidée au besoin d'un bout de galerie au jour et d'une cloison pour diviser le puits en deux gaînes, aurait sans doute suffi à l'aérage, qui était la plus grande difficulté probable d'un ouvrage pareil.

A n'avoir en vue que le transport économique du minerai, ce qui semble avoir été l'unique préoccupation des deux compagnies, l'Infaillible et la Richesse positive, il est permis de croire, d'après la configuration du terrain, telle qu'elle se montre au voyageur qui pénètre dans la Sierra Almagrera du côté d'Aguilas, qu'il était possible d'établir à peu de frais un petit chemin de fer dans le vallon que suit la route actuelle. Un plan incliné, ou mieux encore, une galerie souterraine aurait, ce semble, facilement mis le chemin en communication avec les mines.

Une entreprise de ce genre ne comportait pas d'inconnues; elle se présentait sous des proportions très-modestes; on pouvait en calculer la dépense et le produit avec une précision suffisante; elle offrait l'immense avantage de promettre des produits beaucoup plus tôt que toute autre disposition, et, par suite, de ne pas être exposée à n'arriver au but qu'après l'enlèvement du minerai.

Autant qu'on peut juger une question pareille sans l'avoir particulièrement étudiée, je serais porté à croire qu'il y avait quelque chose à faire dans ce sens. Mais le percement souterrain ne me paraîtrait pas moins un ouvrage recommandable, si on l'avait poussé avec toute la vivacité possible, et en vue, non pas seulement du transport, mais de l'exploitation elle-même, conformément aux raisons exposées ci-dessus.

Si le système de travail qui a prévalu est fâcheux au point de vue du meilleur emploi des capitaux disponibles, on doit probablement en accuser surtout le morcellement de la propriété du filon principal du Jaroso et le défaut d'accord entre les exploitants, qui résulte inévitablement d'un pareil état de choses.

D'autre part, il serait injuste de ne pas reconnaître que ce morcellement imposé par le système de concession usité en Espagne a donné lieu à une activité d'exploitation prodigieuse, qu'une compagnie unique n'aurait vraisemblablement pas atteinte en aussi peu de temps. J'ai cherché à établir que pour les premiers temps de l'exploitation du moins cette activité avait offert des avantages bien réels, qui confirment d'une manière saisissante l'adage américain : *times is money*. Mais il serait à désirer que, tout en conservant le

bénéfice du morcellement, on ne se privât point de la faculté d'entreprendre les grands travaux qui intéressent l'ensemble des gîtes et leur avenir. Les petites concessions qu'engendre le système espagnol ne peuvent exécuter économiquement ces sortes de travaux qu'au moyen d'un accord que la loi devrait peut-être provoquer.

Avantages des arceaux en maçonneries; applications qu'ils peuvent recevoir. Avant de passer à un autre chapitre, j'ai quelques remarques à ajouter sur le système d'exploitation par remblais reposant sur arceaux maçonnés. Dans un temps où la rareté des bois d'étançonnage devient sensible partout, ce système, qui paraît être propre aux Espagnols, me semble digne de la plus grande attention. On a coutume de le regarder volontiers comme devant être fort dispendieux et bon seulement pour des minerais de haut prix, dont il importe de ne rien perdre. L'exemple des mines de mercure d'Almaden, bien connu depuis le voyage de M. Le Play en Espagne; cet exemple pouvait, en outre, donner à croire qu'une solidité parfaite du toit et du mur était nécessaire à l'efficacité des arceaux. Je viens de montrer qu'il n'en est pas ainsi, en rapportant l'exemple de la mine d'Almagrera, exemple qui s'applique à un filon non moins puissant que celui d'Almaden, mais dont la roche encaissante n'est qu'un micaschiste fort peu consistant. Enfin, ces deux exemples pourraient faire considérer comme essentiel au système le mode d'abattage par tailles descendantes, qui est pratiqué dans l'une et dans l'autre de ces mines. En thèse générale, ce mode est, sans contredit, le plus onéreux qui puisse être employé; mais j'ai cherché à établir qu'une exploitation naissante pouvait en user sans désavantage pour des minerais de grande valeur; si, après

plusieurs siècles de travail, on conserve encore cette disposition dans les mines d'Almaden, ce n'est, sans doute, que par suite de quelque circonstance particulière, à moins qu'il ne faille voir, dans cette pratique, la continuation d'une routine devenue vicieuse. Il n'en est pas moins vrai que, sans toucher au fond du système, on pourrait exploiter uniquement par tailles montantes, ainsi que je le montrerai bientôt.

Cela posé, je crois que l'emploi des arceaux maçonnés peut convenir à la plupart des régions de mines et recevoir des applications plus étendues que celles qu'on lui connaît : je pense qu'il peut être économique, même pour les minerais de la plus petite valeur, toutes les fois que l'exploitation des couches et des filons à forte pente exigera le remblai de la plus grande partie des excavations.

Avantageux et d'une exécution facile pour les gîtes de moyenne épaisseur, ce système, convenablement modifié, semble pouvoir être pratiqué encore avec sécurité pour de grandes puissances.

Il y a plus, si je ne me trompe, l'emploi des arceaux maçonnés semble pouvoir donner une solution satisfaisante de la question la plus embarrassante de l'exploitation de la houille, je veux parler de la question de savoir si, pour les couches puissantes fortement inclinées, il convient d'exploiter par étages successifs pris en montant, comme le recommande M. Baillet, ou par étages pris en descendant, comme le veut M. Combes, conformément à l'usage. Je ne crois pas impossible de baser sur l'emploi des arceaux maçonnés un système d'exploitation capable de concilier les

opinions opposées de ces deux savants professeurs de l'Ecole royale des Mines de Paris.

Supposons une couche ou un filon de 10 à 15 mètres de puissance, à tel degré d'inclinaison qu'on voudra, ce qui ne sera pas sortir des données dont le filon d'Almagrera offre des exemples; donnons au terrain encaissant un peu moins de consistance encore qu'au schiste micacé de la Sierra Almagrera, ce qui, généralement, n'aura pas lieu; comptons 15 fr. pour prix du mètre cube de maçonnerie mise en place dans l'intérieur des travaux, ce qui est le triple de ce qu'on paye, à Alais, la maçonnerie hydraulique en grès bouiller pour la construction des murs de maison. Enfin, admettons que, pour étançonnage, on ne peut disposer que de bois médiocres et en petite quantité.

Si, tout en s'assujettissant à des conditions pareilles, l'emploi des arceaux maçonnés permettait d'enlever économiquement la totalité de la couche, en réunissant les avantages que MM. Baillet et Combes ont en vue et en évitant les inconvénients qu'ils redoutent, ne serait-on pas en droit de regarder la solution comme satisfaisante? Voilà comment je la conçois :

Système d'exploitation de bas en haut, basé sur l'emploi des arceaux maçonnés.

1° De 20 mètres en 20 mètres, par exemple, on atteindrait la couche ou le filon par des galeries à travers bancs, partant d'un puits principal, qui ne serait approfondi qu'au fur et à mesure des besoins de l'exploitation.

2° A partir de chacune des *traverses*, correspondantes aux étages successifs à créer, on prendrait, simultanément et de chaque côté, deux galeries d'allongement contiguës, l'une au toit, l'autre au mur, galeries qui seraient ainsi d'autant

plus avancées naturellement qu'elles seraient plus rapprochées du jour. On les pousserait l'une et l'autre jusqu'à la limite de la région que le puits devrait desservir. La galerie du toit, G G (*Pl. VII, fig.* 1 à 4), serait la galerie de service : l'autre, H H, ne serait qu'une galerie provisoire, destinée à être remblayée aussitôt que l'exploitation proprement dite serait entreprise.

3° Entre les galeries jumelles G et H, pendant leur avancement même, on ouvrirait, de 15 mètres en 15 mètres, par exemple, de tailles transversales *t*, *t*, *t*, qui mettraient les deux galeries en communication, tant pour faciliter l'aérage que pour produire du charbon et préparer l'exécution du système projeté.

4° Lorsque le temps de l'exploitation proprement dite approcherait, on prendrait, au bout de chacune des traverses *t*, *t*, *t*, et suivant le mur, des tailles montantes *c*, *c*, *c*, qui seraient poussées jusqu'à l'étage supérieur. C'est par ces cheminées que devraient être jetés les déblais, qu'on amènerait, soit du jour, soit de l'étage supérieur complétement exploité et remblayé, suivant l'ordre du travail. Les cheminées *c*, *c*, *c*, sont destinées à être remblayées successivement, de bas en haut, à mesure que l'exploitation avancerait; les boisages qu'on aurait à y mettre devraient, par conséquent, se retrouver plus tard. Mais, pour ne pas les fatiguer inutilement, on n'ouvrirait chaque cheminée du mur *c c c*, que successivement, en partant de la limite du champ des travaux, pour se rapprocher du puits au fur et à mesure des besoins de l'exploitation.

On pourrait, toutefois, se départir de cette règle et ouvrir, plutôt, quelques cheminées à longs

intervalles, si le besoin d'air rendait nécessaires ces communications entre les galeries de deux étages contigus.

5° En face du milieu de chacun des piliers *p*, *p*, *p*, et suivant le toit, on prendrait successivement des ouvrages en montant *m*, *m*, *m*, qui ne seraient entamés qu'après le percement des cheminées *c*, *c*, *c*, correspondantes. Les cheminées du toit sont destinées d'abord à faciliter l'établissement des arceaux et, pour cet objet, elles n'auront pas à monter de plus de 2^{m},50 au-dessus de la couronne de la galerie; mais elles doivent servir ensuite, la moitié d'entre elles du moins, à l'évacuation de la houille ou des minerais abattus, qui arriveront naturellement par là sur la voie de roulage. Ces cheminées de décharge doivent monter jusqu'à l'étage supérieur, mais il sera inutile de leur donner jamais plus de 3 à 4 mètres d'avance, en hauteur, sur les tailles d'exploitation qu'elles doivent desservir et dont il sera question aux § 8° et 9°.

6° Entre les cheminées *c* et *m*, et au moyen de ces ouvrages et par-dessus les piliers *p*, *p* (qu'on laisserait intacts sur toute la hauteur des galeries jumelles), on ferait la place d'arceaux en maçonnerie *a*, *a*, *fig.* 3 et 4, qui seraient jetés du toit au mur et reposeraient, en leur milieu, sur les piliers intacts *p*, *p*. Afin d'assurer la conservation des arceaux, on respecterait ces piliers jusqu'à l'entier abandon de la galerie de roulage. A cette époque, il serait facile de les enlever, avant de se retirer. On pourrait même, après l'achèvement des arceaux, découper chacun des piliers principaux *p*, *p*, en piliers plus petits π, π, π, π, de manière à en retirer un produit, tout en facilitant la communication entre les deux galeries jumelles.

Tous ces ouvrages seraient faits à peu près exclusivement, dans la matière à abattre; ils n'exigeraient que des boisages provisoires, et les déblais qu'ils pourraient fournir devraient trouver place dans une partie des traverses *t*, *t*, *t*.

Pour une couche de houille de 10 mètres de puissance et avec des tailles de 2^{m},50 en tout sens, les ouvrages préparatoires que je viens de passer en revue, galeries, traverses et cheminées, ne représentent pas le huitième du total de la masse à enlever. C'est une proportion satisfaisante. Les sept autres huitièmes seraient d'un abattage plus facile, en raison du dégagement qui existerait toujours au dessous, comme on le verra.

Quant à la maçonnerie, elle ne devrait pas, ce me semble, former plus du quinzième en volume du massif de houille correspondant; car, pour atteindre ce chiffre, il faut donner 2 mètres d'épaisseur à l'arceau, ce qui paraît excessif. Et comme le mètre cube de houille pèse une tonne et tiers au moins, la maçonnerie, qui assure la conservation de la galerie de service sans perte de bois et tout en servant de base inébranlable aux déblais qu'elle doit soutenir, la maçonnerie n'entrerait pas pour plus de 0^{f},75 dans le prix de revient de la tonne de charbon, si le prix maximum du mètre cube de cette maçonnerie ne dépassait réellement pas 15 fr. Or, 0^{f},75 ne représenterait généralement que le dixième au plus du prix de la houille rendue à l'orifice du puits : le coût des arceaux ne serait donc pas exorbitant, car, pour couvrir entièrement cette dépense, il suffirait que la facilité d'abattage des sept huitièmes du massif que la présence des arceaux doit permettre d'attaquer en remontant, donnât lieu à une économie

de 1f,15 par mètre cube d'excavation, relativement à ce que coûterait l'abattage par tailles non dégagées en dessous. Il suffirait de 0f,90, si l'épaisseur des arceaux pouvait être réduite à 1m,50 ou le prix du mètre cube de maçonnerie à 12 fr. Ce serait, par tonne de houille, 0f,85 dans le premier cas et 0f,65 dans le second.

Une économie pareille ne paraîtra pas inadmissible, si l'on considère qu'elle comprend à la fois la facilité d'abattage et la faculté de ne rien perdre des quelques bois provisoirement employés à l'exploitation proprement dite, dont il reste à décrire la marche.

Il ne faut pas perdre de vue que, dans la disposition proposée, quelle que soit la distance du toit au mur, l'arceau n'a jamais pour portée que la largeur d'une galerie; le reste est constamment soutenu en dessous soit par les piliers *p*, *p*, *p*, soit par les déblais qui doivent remplir la galerie du mur GG, les traverses *t*, *t*, *t*, et prendre en dernier lieu la place des piliers *p*, *p*, eux-mêmes.

Or, jusqu'au dernier moment de l'exploitation d'un étage, ces déblais et piliers reposent, comme on le verra, sur un sol intact, solide par conséquent; en outre, on doit remarquer que nos arceaux ont, aux coussinets, un empâtement deux fois plus large que les arceaux de la mine du Carmen : ces deux circonstances sont faites pour ajouter beaucoup à la solidité du système espagnol et le rendre capable de résister à des terrains moins consistants encore que le micaschiste de la Sierra Almagrera. Or, si le système tient et si, par l'économie réalisée sur les sept huitièmes du gîte à abattre par-dessous, on parvient à couvrir les frais d'établissement des arceaux, le bénéfice dû à l'em-

ploi des arceaux sera représenté : 1° par la valeur des bois nécessaires à l'entretien des voies de roulage, dans l'exploitation par tailles prises en descendant, économie qui peut être considérable ; 2° par la valeur nette de la houille ou du minerai que l'on abandonnerait dans ce système et que nous croirions pouvoir enlever entièrement. Enfin, je ferai observer que si (malgré la faible portée laissée à l'arceau et le large empâtement donné aux coussinets) le défaut de consistance de la roche encaissante ne permettait pas de compter sur des points d'appui suffisants, on pourrait, dans bien des cas, contenir les pieds droits au moyen de la matière même du gîte, laissée intacte au toit et au mur, pour n'être enlevée qu'au dernier moment. Il suffirait, pour cela, de prendre les deux galeries jumelles, en plein charbon ou en plein minerai, au lieu de les assujettir à suivre le toit et le mur. Cette disposition aurait, de plus, l'avantage d'assurer aux galeries une régularité plus grande, qui serait favorable au roulage.

Les travaux préparatoires achevés à l'extrémité d'un étage, on passerait à l'exploitation proprement dite.

7° On commencerait par remblayer la galerie du mur G, au moyen de déblais jetés de l'étage supérieur S, *fig.* 3, par les cheminées *c*, *c*, *c*. On remblayerait, en même temps, les traverses *t*, *t*, qui établissent communication entre les galeries jumelles, ainsi que les traverses longitudinales τ, τ, qui ont servi à découper les piliers *p*, *p*, *p*, en plusieurs autres (*voir fig.* 1).

8° A partir de chacune des cheminées du toit *m*, *m*, reprises de deux en deux et au niveau de l'extrados de l'arceau, on pousserait dans le char-

bon une taille transversale T, *fig.* 5, pour attaquer la première tranche horizontale, qui s'étend au-dessus des arceaux.

9° De chaque côté de chacune des maîtresses tailles T on ouvrirait successivement des tailles longitudinales s_1, s_2, s_3, *fig.* 5, en commençant par le toit, si on était pressé de produire et si ce toit était suffisamment solide; en commençant par le mur, au contraire, si le toit était sans consistance.

La houille ou le minerai produit par les tailles Ts_1, s_2, s_3 et s'_1, s'_2, s'_3, viendrait à la voie de roulage par les cheminées m_1, m_2, sans se mêler avec les déblais D, D, *fig.* 5 et 3, qui descendraient des cheminées *c*, *c*, pour prendre la place des matières abattues.

10° On remblayerait successivement d'abord les cheminées *c*, *c*, au-dessous de soi, puis partie du vide formé par les tailles T, s_1, s_2, etc., de manière à former un sol artificiel, propre à recevoir les mineurs, qui doivent procéder à l'enlèvement de la tranche horizontale suivante.

11° On élèverait encore les cheminées *m*, *m*, *fig.* 3, d'une hauteur de taille, on prendrait au-dessus des déblais une nouvelle série de tailles transversales et longitudinales, qui seraient entièrement dégagées en dessous, et la seconde tranche horizontale étant enlevée, comme la première, on la remplacerait pareillement par des déblais jetés du haut des cheminées *c*, *c*; et ainsi de suite, jusqu'à ce qu'on atteigne l'étage supérieur.

12° L'exploitation de l'étage inférieur devrait suivre de près l'exploitation de l'étage situé au-dessus, mais ne la précéder jamais. Dans l'un comme dans l'autre étage, chaque massif de 30 mètres environ sur 20 mètres de hauteur, carac-

térisé par la cheminée centrale du toit, qui en est comme l'artère, serait enlevé successivement, de manière à se rapprocher de plus en plus du puits d'extraction : de la sorte, l'enlèvement de l'étage supérieur se trouverait toujours avancé d'un degré de plus que l'exploitation de l'étage immédiatement situé au-dessous.

Il en résulterait qu'en grand le système proposé présenterait une sorte d'exploitation par gradins droits, c'est-à-dire qu'on exploiterait par étages successifs pris en descendant, comme le veut M. Combes, dans le but de prévenir l'écrasement de la houille, qui serait la conséquence des tassements auxquels une couche exploitée en dessous pourrait donner lieu.

On sait que cet écrasement, dommageable par lui-même, relativement à la qualité de la houille, est plus redoutable encore, eu égard aux incendies qui peuvent s'ensuivre; c'est donc un grand point que de se mettre à l'abri de ces dangers. Le système proposé offre cet avantage. Mais, d'autre part, ce système, procédant de bas en haut, pour le déhouillement de chaque étage, semble réunir aux avantages du système Combes, la facilité d'abattage, la faculté de tout enlever et l'économie de boisages qu'assure la solidité permanente de la couronne des tailles, solidité qui manque complétement dans l'autre système : ce sont ces avantages que Baillet avait en vue, lorsqu'il proposait d'exploiter par étages successifs pris en remontant.

13° Enfin l'exploitation étant conduite comme je viens de l'exposer, et le déhouillement d'un massif étant achevé, on profiterait de l'abri offert par les arceaux *a*, *a* (*fig.* 3), pour provoquer peu à

peu l'éboulement des déblais D qui ont rempli un étage, de manière à les faire servir à remblayer le vide formé par l'exploitation de l'étage inférieur. On aurait, ainsi, l'avantage de ne faire qu'une fois, pour tous les étages, la dépense du transport des déblais. La solidité des arceaux serait, du reste, assurée, jusqu'au dernier moment, par la conservation du sol de la galerie, sol qui, dans le système proposé, n'a à disparaître qu'à la dernière extrémité.

En résumé, le système que je base sur l'emploi des arceaux maçonnés, consiste :

1° A découper la couche, ou le filon, à forte pente, en étages de 20 mètres, plus ou moins, qu'on atteindrait successivement *en descendant.*

2° A exploiter chacun des étages, par tranches horizontales et *en remontant*, au moyen de remblais jetés de haut en bas, par des cheminées pratiquées *au mur*, pendant que la matière abattue descendrait sur la voie de roulage, par des cheminées pratiquées *au toit.*

3° A soutenir les remblais par une série de larges arceaux en maçonnerie, jetés du toit au mur, soutenus eux-mêmes, partie par des remblais, partie par des piliers de houille, qu'on ne doit enlever qu'au dernier moment.

4° A combiner l'exploitation des étages successifs, de manière qu'on puisse exploiter un massif, immédiatement après l'exploitation du massif qui se trouve au-dessus, dans l'étage supérieur, de manière à pouvoir achever, le plus tôt possible, le déhouillement d'un massif, une fois qu'il sera commencé et dans le but de pouvoir employer les mêmes déblais, plusieurs fois, sans avoir à les ex-

ploiter ni à les rouler, à frais nouveaux, pour chaque étage.

Il va sans dire qu'on déterminerait l'écartement des cheminées, leur grandeur et les dimensions des galeries, de manière à tirer le meilleur parti des circonstances locales, et qu'on prendrait, en un mot, telle disposition de détail qui serait nécessaire pour assurer l'économie de l'abattage et du soutènement, ainsi que la conservation du gros, pour la houille, tout en réduisant au minimum les frais de mouvement des matières au milieu des tailles. Le système proposé n'a rien d'incompatible avec ces mesures générales, et il permettrait, si je ne me trompe :

1° De tout enlever; 2° de réduire au minimum la dépense en boisages; 3° d'avoir constamment l'abattage dans des conditions faciles; 4° de favoriser l'aérage de la manière la plus satisfaisante.

Enfin ce système peut avoir sur l'exploitation par étages successifs pris en montant, un avantage considérable, qui n'était pas aussi absolu qu'aujourd'hui, lorsque M. Baillet a écrit son mémoire sur l'exploitation des mines en masse (en 1800); cet avantage est relatif à l'économie des frais d'épuisement.

L'exploitation par étages successifs pris en descendant permet, en effet, de ne consacrer d'abord à l'extraction des eaux souterraines, qu'une dépense de force médiocre, qui ne croît qu'avec l'épuisement successif des étages supérieurs ; le système opposé oblige, au contraire, à faire tout d'abord le sacrifice du maximum des frais nécessaires à la plus grande profondeur que l'on se propose d'atteindre.

Quand on a à faire usage de la vapeur, ce qui

est le cas habituel des mines de houille, au moyen de ces admirables machines du Cornouailles, dont la consommation est proportionnelle à l'effet produit, il est possible d'obtenir une économie notable du système d'exploitation par étages successifs pris en descendant.

Je désire que l'emploi des arceaux espagnols, convenablement modifiés, permette de combiner les deux systèmes, de manière à mettre à profit, simultanément, les avantages qui appartiennent à chacun d'eux, et qu'il devienne ainsi possible d'abattre *en montant*, même « dans le cas où l'on » ne pourrait se procurer des remblais à bas prix » en quantité suffisante pour remplir la totalité de » l'excavation (1). » Ce cas, qui se présente souvent dans l'exploitation des filons métalliques, n'a rien qui doive faire repousser l'emploi des arceaux maçonnés, puisque des boisages peu durables y suffisent communément pour des puissances ordinaires. M. Combes semble le considérer comme le type des circonstances qui exigent un abattage *en descendant*.

Il ne parle, il est vrai, que de la houille en couches puissantes. Néanmoins je serais porté à croire que, même dans ce cas, l'emploi des arceaux maçonnés peut trouver utilement sa place dans plus d'une localité; et si je publie cette étude, c'est dans l'espoir de contribuer à mettre en faveur un mode de soutènement qui, sans être inusité, ne me semble pas être assez répandu.

Il est inutile de faire remarquer qu'il y aura généralement avantage à faire usage de mortier hydraulique toutes les fois que cela sera possible.

---

(1) Traité de l'exploitation des mines, t. II, p. 283.

Non-seulement la prise plus rapide permettra de charger plutôt les arceaux, mais elle pourra, en outre, donner la faculté d'employer des pierres brutes sans inconvénient, et ce serait important pour l'économie de la construction.

APPENDICE AUX NOTES PRÉCÉDENTES,

Contenant la description de six filons exploités dans la concession des mines de Poullaouen (Finistère), pour servir de preuves à l'appui des objections soulevées contre l'opinion de l'unité d'allure et de la continuité des filons métalliques.

Ce n'est point par des mots, ni par des figures partielles, que je chercherai à justifier les causes de défiance signalées précédemment contre l'opinion que j'ai combattue. Les descriptions verbales sont complétement insuffisantes pour faire connaître la manière d'être de la plupart des gîtes disposés en filons. Générales, elles manquent de précision; détaillées, elles sont confuses. Dans l'un et l'autre cas, ces sortes de descriptions laissent trop de vague dans l'esprit, pour rendre possible la comparaison, que l'on peut avoir à faire, entre un gîte qu'on a sous les yeux et quelque autre gîte analogue, connu seulement par un rapport que je suppose d'ailleurs digne de confiance.

Pour ce qui est des figures partielles, elles ont habituellement un défaut fondamental, qu'il est à propos de signaler : dans le choix que l'on fait, l'attention se porte communément sur les parties

les mieux caractérisées, et comme ce sont précisément celles dont la poursuite offre le moins de difficulté, les descriptions dont je parle ne font connaître ainsi que les parties du gite les moins intéressantes, du moins pour l'exploitant, que je considère seul en ceci et que trop souvent l'on oublie pour ne penser qu'au géologue.

C'est pourquoi j'ai donné, dans toute leur étendue, le plan et le profil des filons que je veux présenter comme spécimens des irrégularités dont il s'agit.

Néanmoins l'obligation de réduire ces plans à un format convenable et la crainte d'une confusion indéchiffrable, ont forcé d'omettre plus d'un détail intéressant, qui manquerait à une monographie. Mais ce n'est pas là ce que j'ai voulu faire et j'espère que ce qui a pu entrer dans mon cadre suffira au but que je me propose.

Trois groupes de filons. Les six filons figurés sur les *Pl. VI* et *VII* appartiennent à trois groupes de cassures distribués irrégulièrement dans l'étendue de la concession des mines de Poullaouen, savoir :

1° Le groupe de Huelgoat;

2° Le groupe de Poullaouen;

3° Le groupe de Carnoët et Plusquellec.

Étendue de la concession. La concession qui comprend ces différentes mines, peut être représentée par un parallélogramme ayant 21 kilomètres environ de l'Est à l'Ouest, sur une largeur de 6 kilomètres mesurés dans le sens du méridien.

Si l'on considère cette zone comme divisée en sept cantons égaux par des lignes méridiennes, on aura la position respective des trois groupes de gîtes, en se représentant le groupe de Huelgoat dans le premier canton à l'Ouest, le groupe de

Poullaouen dans le troisième, et le groupe de Carnoët et Plusquellec dans le septième et dernier, à l'extrémité Est de la concession.

Ceux des filons reconnus dans ces trois cantons de mines qui ne sont pas stériles, renferment à la fois, en fait de matières métalliques utilisables, de la galène et de la blende argentifères en quantité importante, et seulement quelques traces de pyrite cuivreuse. Nature des minerais.

La galène est inégalement riche en argent dans les différents cantons : médiocre dans les filons du milieu, sa teneur est satisfaisante dans le filon le plus oriental, et elle devient assez grande dans le filon le plus occidental pour que l'argent représente plus de la moitié de la valeur totale du minerai. Galène.

Ce n'est pas seulement d'un canton de mine à l'autre qu'on observe des variations de richesse en argent; les différentes parties d'un même gîte en présentent aussi de fort notables, sans ordre constant.

L'abondance du minerai paraît être indépendante de sa richesse en argent. Néanmoins il y a lieu de remarquer que le groupe central, le moins argentifère des trois, a fourni une masse de plomb plus considérable que celle qu'on a tirée des groupes extrêmes réunis. D'autre part, le groupe de l'Ouest, qui occupe le second rang pour la production en plomb, a fourni une masse d'argent incomparablement plus grande que tout ce qu'a donné le reste de la concession.

Eu égard à la quantité des produits, le groupe de l'Est n'a qu'une fort petite importance. Sans caractères qui lui soient propres, il se compose principalement de deux gîtes qui offrent une ana-

logie assez grande chacun avec l'un des deux autres groupes.

Blende. La teneur de la blende en argent, dans un même filon, quoique habituellement médiocre, ne paraît pas être moins sujette à variations que celle de la galène; mais les limites de ces variations sont moins étendues, et quelques essais porteraient à croire qu'elles restent les mêmes pour les différents groupes, ce qui constituerait, pour le sulfure de zinc, une manière d'être toute différente de celle qui est propre au sulfure de plomb, dans l'étendue de la concession de Poullaouen.

La blende n'a jamais été recueillie avec assez de soin, surtout dans les gîtes de l'Est, pour qu'on puisse établir son importance relative dans les différents cantons que nous considérons. Tout ce qu'on peut en dire, c'est qu'elle existe, dans les filons de la Basse-Bretagne, en quantité considérablement moindre que la galène, minéral avec lequel elle est à peu près constamment associée.

Je crois pouvoir ajouter que dans la concession de Poullaouen, la blende existe en quantité d'autant moindre, d'une manière absolue, que la galène est plus abondante. Il me semble même avoir remarqué que la blende se plaît, pour ainsi dire, à la lisière des massifs lenticulaires de galène qui caractérisent les filons productifs. Elle annonce l'approche ou la disparition du minerai de plomb, et ce n'est que rarement qu'on la rencontre au sein des massifs, là où la galène est puissante et promet de s'étendre.

Pyrite cuivreuse. La pyrite cuivreuse ne doit être nommée que pour mémoire. On n'en trouve que çà et là quelques mouches amorphes associées, soit avec la

blende, soit avec le quartz, plus rarement avec la galène.

Sans être très-abondante, la pyrite commune est bien plus fréquente que la pyrite cuivreuse : irrégulièrement distribuée dans les deux filons principaux, elle se montre plus particulièrement confinée dans la région supérieure de ces gîtes. Malgré son abondance, ce minéral est le moins caractéristique de tous ceux que l'on trouve dans les filons de la Basse-Bretagne. On le rencontre souvent dans une situation singulière qui porterait à croire qu'il ne s'est introduit qu'après coup au milieu des autres minéraux qui ont rempli les filons; mais il semble s'être présenté partout où quelque vide pouvait subsister. Pyrite commune.

Ainsi, l'on ne voit habituellement la pyrite que dans les parties lâches crevassées ou géodiques, tapissant de ses cristaux les vides qu'elle n'occupe pas complétement : il est rare qu'un vide se présente dans le filon sans en contenir; elle recouvre indifféremment le quartz, la blende ou la galène et se trouve plus fréquemment encore dans la roche encaissante, surtout quand celle-ci est peu consistante. Je conserve une coupe du filon de Poullaouen, où l'on voit un mince liséré de pyrite border les parois de petites crevasses irrégulières et sans suite, ouvertes transversalement dans toute l'épaisseur du filon. Celui-ci comprend, en ce point, trois veines de galène, une veine de blende et une masse de quartz blanc empâtant des fragments de grauwacke, le tout au milieu d'une grauwacke schisteuse sillonnée de veinules de blende. Ces différentes substances sont indistinctement coupées par trois veinules de pyrite sensiblement parallèles entre elles.

Age de la pyrite. Ne semble-t-il pas que, dans ce cas, on est en droit d'admettre la postériorité de la pyrite relativement aux autres minéraux qui forment la masse du filon? N'en est-il pas encore de même dans certains cas où, comme à Huelgoat, par exemple, la pyrite existe à l'état stalactiforme dans certaines géodes ouvertes au milieu du quartz, de la blende ou de la galène?

Quartz. Le quartz est la gangue ou plutôt le compagnon ordinaire de ces différents minerais métalliques: très-abondamment répandu dans les deux filons extrêmes, surtout dans le groupe de l'Ouest, il l'est beaucoup moins dans les filons du milieu, qui en manquent quelquefois dans des parties d'ailleurs riches et puissantes. Mais, il est bien rare que l'absence du quartz soit assez complète, pour qu'on puisse avancer de plusieurs mètres sans en retrouver quelque veinule. Ces veinules considérées dans leur ensemble affectent l'allure du filon : c'est pourquoi lorsque celui-ci devient stérile on a coutume de les prendre pour guides.

On ne peut pas considérer, d'une manière générale, le quartz comme la gangue du minerai, parce qu'il n'est pas rare de voir ces deux substances dans le même atelier, sans qu'elles soient associées, sans qu'elles se touchent. Mais, bien que manquant quelquefois, ce n'en est pas moins le minéral le plus abondant des filons de la Basse-Bretagne; il forme le caractère le plus saillant des affleurements; il paraît même constituer, à lui seul, le corps des gîtes, à leur passage au travers des roches d'origine ignée.

Dans nos filons productifs, ou, plus précisément encore, dans les parties productives de nos filons, le quartz a un faciès particulier qui n'est

pas toujours le même, qu'on aurait de la peine à définir nettement, mais qui se reconnaît presque toujours à la première vue. Habituellement blanc, compacte et amorphe, il n'est ni laiteux, opaque et friable, comme dans les parties stériles où le filon n'existe plus ou va disparaître. Il n'est pas non plus laiteux, opaque et nacré, à cassure inégale et moucheté de teintes verdâtres stéatiteuses, comme on le voit dans le terrain de grauwacke, en dehors des filons. Il ne ressemble pas davantage au quartz laiteux, opaque, lustré et à cassures planes qu'on rencontre en filons ordinairement puissants, dans certains schistes micacés, entre Morlaix et Saint-Pol.

C'est un quartz blanc sans être laiteux, ayant parfois une très-faible teinte jaunâtre d'eau trouble, translucide sans être hyalin, à éclat, sans brillant, gras, à cassure plus ou moins conchoïdale et esquilleuse, rubané et presque opaque, seulement dans les parties du filon de Huelgoat qu'il remplit exclusivement, d'autant plus translucide ailleurs qu'il est plus puissant (pourvu qu'il ne soit pas noir) et offrant alors, dans sa masse, des parties inégalement blanches et jaunâtres, inégalement translucides; empâtant souvent des fragments anguleux, des roches encaissantes, lorsqu'il est en veine de quelque puissance, rarement cristallisé, jamais fétide.

Quelquefois le quartz est gris ou noir : il paraît devoir cette teinte aux détritus pulvérulents de la roche encaissante qu'il contient. Ainsi, j'ai rencontré un exemple qui montrait, au toit, le quartz blanc empâtant des fragments assez gros de roche encaissante, tandis qu'au mur, au-dessous d'une veine de galène interposée, les fragments, plus

menus d'abord, disparaissaient bientôt pour faire place à une teinte gris sombre uniforme qui se fondait irrégulièrement dans la masse blanche du quartz, au milieu de laquelle brillait la veine de galène.

Gangue ordinaire.

Quand le quartz manque, dans le groupe de l'Ouest[1], et même en présence du quartz, dans les autres groupes, le minerai se présente avec deux manières d'être peu différentes au fond : tantôt il se montre intercalé dans une cassure quelquefois complexe, ouverte au milieu de la grauwacke encaissante, qui conserve tous ses caractères habituels, c'est-à-dire qu'elle paraît n'avoir éprouvé ni écrasement, ni modification quelconque, au contact des sulfures métalliques qu'elle renferme : tantôt (et c'est le cas le plus fréquent) le minerai est logé, sous forme de veines multiples, inégales et rameuses, au milieu d'une roche noire, à pâte fine, demi-schisteuse, qu'on prendrait pour un détritus de la roche encaissante, dont cette gangue, considérée en masse, se distingue d'ordinaire, assez nettement, par sa teinte plus noire, sa schistosité beaucoup plus incomplète et surtout par la présence de traces plus ou moins nombreuses d'hydrosilicate d'alumine blanc, terreux ou micacé.

Hydrosilicate d'alumine.

L'hydrosilicate d'alumine se trouve pareillement d'ailleurs au voisinage, au contact et même au milieu du quartz : il existe dans des fissures parallèles au filon, en petits nids irréguliers. Qu'il soit terreux ou micacé, il est toujours mou et onctueux. On n'a trouvé l'hydrosilicate en masse de quelque importance, qu'en deux ou trois points du filon de Huelgoat : là, il était solide, compacte et avait une teinte verte qu'il perdait à l'air. Très-rare

partout ailleurs, cette substance manque complétement assez souvent : mais, quand elle se montre, à l'état micacé particulièrement, elle est ordinairement accompagnée d'un peu de blende ou de galène; de sorte qu'on la regarde comme un indice de bon augure. C'est surtout avec la blende brune cristallisée en petits cristaux, que l'hydrosilicate mou se montre associé, mais on rencontre aussi cette sorte de blende sans hydrosilicate.

La gangue noire, que je considère comme un détritus de la roche encaissante, a la consistance d'une roche : elle est sujette d'ailleurs à des variations de ténacité fort grandes. Habituellement tendre, elle prend quelquefois la dureté du quartz; on dirait qu'elle en est infiltrée. Dans ce cas, il n'est pas rare de voir la teinte noire plus prononcée, les traces de schistosité s'effacer, les hydrosilicates d'alumine, la blende et la galène disparaître et le minerai remplacé par une ou plusieurs fissures, à parois polies et sillonnées de stries parallèles. Ces sortes de fissures, qui semblent elles-mêmes manquer quelquefois, existent aussi d'ailleurs dans les parties productives des filons : j'en ai trouvé une fois, dans un même point, jusqu'à trois systèmes se coupant sous des angles très-prononcés tout en demeurant, les uns et les autres, plus rapprochés de la pente du filon que de sa direction. Le quartz, ou une roche quartzeuse, est la matière ordinaire de ces témoins des mouvements survenus dans la masse des filons : mais ce sont particulièrement les parties veinées de blende qui en ont fait les frais, de sorte que ces sortes d'accidents se présentent sous forme de miroirs métalliques, à teinte brune. Quelquefois, mais bien plus rarement, c'est la galène ou la pyrite qui ont

Surfaces de glissement.

été polies. Ces mouvements de terrain, dont les traces ne se suivent jamais sur une grande étendue, sont donc postérieurs, du moins en partie, à la formation des filons.

On a trouvé, sur quelques-uns de ces miroirs, des cristaux de pyrite adhérents et fort nets.

La grauwacke encaissante présente aussi quelquefois des surfaces usées par glissement, mais ces surfaces sont ternes, plus irrégulièrement et plus profondément sillonnées que celles qu'on observe au milieu du quartz et des parties blendeuses.

Salbandes. Ces surfaces de glissement formées en pleine grauwacke sont les seules salbandes qu'on rencontre dans les filons de la concession de Poullaouen. Elles sont rares et, le plus ordinairement, on aurait de la peine à tracer nettement la ligne de séparation entre le corps du filon et le mur ou le toit, qui ne se distinguent, en masse, que par l'absence soit des veines quartzeuses ou métalliques, soit des mouchetures d'hydrosilicate onctueux et micacé. Quelquefois, mais c'est extrêmement rare, la stratification du terrain encaissant est discernable, et permet de reconnaître avec précision les limites du toit ou du mur.

La manière d'être la plus ordinaire de la roche noirâtre qui forme la gangue principale des minerais métalliques, dans les gîtes ouverts au milieu du terrain de grauwacke, est d'être sillonnée à la fois par des veines inégales et plus ou moins suivies de quartz blanc, de blende et de galène. Sans être parallèles, et malgré l'inconstance de leur position relative et de leur allure, ces veines affectent, dans leur ensemble, la direction et la pente du filon : elles sont ordinairement groupées de telle

sorte que la blende et la galène semblent avoir pénétré dans les mêmes fentes, indépendamment du quartz, qui fait bande à part, pour ainsi dire.

Age du quartz.

Ceci demande explication : quand le quartz n'existe, dans le filon, qu'en veines minces, il n'est pas rare, en effet, de le voir complétement indépendant des veines métalliques, avec lesquelles il peut d'ailleurs alterner, mais, d'ordinaire, sans les toucher; il en reste séparé, au moins sur la plus grande partie de son étendue, soit par des lambeaux de la roche encaissante, soit par la roche plus sombre qui forme, comme on l'a vu, la masse stérile des filons du milieu de la concession.

S'il y a contact entre les veines minces de quartz et les veines métalliques, c'est le plus souvent par suite d'un croisement et, dans ce cas, c'est toujours le quartz qui est nettement coupé par la blende et par la galène, c'est-à-dire qu'on le voit sillonné par les veines de sulfures métalliques au milieu desquelles on le retrouve à son tour en fragments anguleux plus ou moins gros, disséminés, lorsque ces veines ont quelque puissance.

Cet empâtement du quartz prend quelquefois de tels développements, que le minerai n'est plus, à bien dire, qu'un poudingue à noyaux anguleux de quartz et à pâte de galène ou de blende.

Il y a plus, on trouve des exemples tels que celui-ci : le toit est formé de quartz empâtant des morceaux de grauwacke et sillonné de veinules de blende qui coupent quartz et grauwacke en restant assujetties, dans leur ensemble, à l'allure du filon. Au milieu de ce quartz, qui semble déjà porter l'empreinte de deux mouvements de terrains accompagnés d'une émission de substances étrangères à la roche, se trouve une forte veine de galène qui

renferme, emprisonnés de tout côté, des fragments anguleux du quartz encaissant. Celui-ci est parfaitement reconnaissable à son facies, aux morceaux de grauwacke empâtée et à la blende qui le sillonne. Les fragments de quartz offrent cela de remarquable, que les veinules de blende qu'ils contiennent, se terminent nettement et brusquement où finit le quartz, sans pénétrer dans la galène qui les entoure, et qu'il n'y a plus de conformité d'allure entre les veinules de blende semées dans ces fragments et celles que renferme le quartz du toit resté en place.

On dirait que le quartz a rempli le vide laissé, dans la roche encaissante, par une première cassure; que la blende s'est insinuée postérieurement dans des fissures ouvertes dans la masse de ce quartz, et qu'une nouvelle cassure est venue, en troisième lieu, disloquer le filon pour faire place à la galène : celle-ci aurait rempli les vides qu'elle a rencontrés, empâtant les fragments du toit, ou du mur, que ces vides pouvaient contenir.

Age de la blende. Toutefois, s'il est vrai que la blende en petits cristaux se présente quelquefois de manière à permettre cette supposition, il faut ajouter que la blende lamellaire, qui est d'ailleurs extrêmement rare, se montre fréquemment disposée de manière à donner à croire qu'elle est contemporaine de la galène, et parfois même postérieure. D'autre part, il convient de dire que lorsque blende et galène marchent ensemble (ce qui est habituel), elles sont disposées le plus souvent de manière qu'on puisse soutenir encore la postériorité de la galène. Celle-ci occupe, en effet, le milieu de la veine qui est simplement bordée de blende, de telle sorte que les choses ne se passeraient pas autrement si,

en vertu de son peu de ténacité, la blende d'abord isolée s'était ouverte, à l'époque du troisième mouvement de terrain, pour livrer passage à la galène.

Ce n'est pas tout : on rencontre des points où le minerai (galène ou blende) est compacte ou fibreux, sans structure cristalline, veiné de parties terreuses, solide d'ailleurs. Par leur aspect, ces variétés de minerai rappellent certains schlamms riches, desséchés lentement dans le bassin qui les a reçus; elles sont toujours au contact d'une surface de glissement; quelquefois même entre deux de ces surfaces : le plus souvent, elles adhèrent d'un côté à du minerai lamellaire, dans lequel elles paraissent se fondre. Ces variétés de minerai empâtent fréquemment des fragments de toute nature, y compris des fragments de minerai analogue, mais à l'état lamellaire.

Je serais disposé à y voir le résultat d'un écrasement de certaines parties du filon, après son entière formation. Cet écrasement aurait été suivi d'un glissement : ce serait un quatrième mouvement de terrain, dont les témoins subsisteraient.

Quatre époques de formation.

Cette hypothèse semble d'autant plus admissible que je possède un exemple, qui montre un rameau de galène lamellaire de 2 centimètres de puissance brusquement coupé, au contact d'un miroir formé sur du minerai compacte, lequel se fond, du côté opposé, dans du minerai lamellaire adhérent à sa gangue. N'y a-t-il pas eu là dédoublement du filon postérieurement à son entière formation et déplacement de l'une des moitiés par voie de glissement sur l'autre?

Ces différents faits sont loin d'être habituellement aussi tranchés; ils restent même le plus souvent indéterminés, soit par suite de l'absence

de quelqu'un des minéraux auxquels j'attribue différents âges, soit par suite du parallélisme, ou plus généralement de l'indépendance des différentes veines qui composent le filon.

Je mentionne donc ces faits, moins pour faire connaître, sans secours de figures, la constitution intime de filons dont il n'entre pas dans mon plan de donner des coupes détaillées, que dans le but de transmettre au lecteur l'impression qu'il m'en reste, à la suite de dix années d'observation. Et sans prétendre, le moins du monde, relever en thèse générale la théorie des formations successives que M. Fournet abandonné, après l'avoir émise pour des cas notablement différents, il est vrai, je ne crois pas hors de propos de rappeler cette théorie, car, lors même qu'elle serait erronée dans le cas qui nous occupe, elle aurait encore ce grand avantage, pour le groupe de filons dont il s'agit, qu'elle est, à ma connaissance, le meilleur résumé de toutes les variétés de dispositions que présentent les différentes matières dont ces gîtes se composent.

Il me suffira d'ajouter que, dans ces dispositions, le gros des différentes veines conserve constamment l'allure du filon, tout en étant assujetti à toutes les irrégularités que comporte une cassure compliquée de glissement et d'écrasement, ouverte au milieu de roches non homogènes : aussi n'est-il pas rare de voir, dans un même atelier, et particulièrement aux veines les plus minces, toutes les directions et toutes les pentes imaginables.

Mais, je le répète, ce qui domine dans ces différentes dispositions, c'est une apparence d'au moins deux dislocations successives, qui auraient

donné lieu à des crevasses complexes et inégalement ouvertes, dont les fragments détachés des parois rempliraient les principaux vides concurremment avec des sulfures métalliques, tandis que ceux-ci se seraient insinués seuls dans les crevasses étroites, dans les moindres fêlures, de manière à présenter parfois des veines de blende et de galène de moins d'un demi-millimètre d'épaisseur.

Pour ce qui est des émissions ou des dépôts successifs, dans une cassure unique, quant à des séparations de matières différentes par voie de cristallisation, on en trouverait peut-être quelques exemples, notamment à Huelgoat, pour certains quartz cristallisés et hyalins qu'on voit associés avec de la blende et de la galène lamellaire en couches concentriques alternantes à plusieurs reprises; mais, à mon sens, ce sont des exceptions qui ne s'appliquent, après tout, qu'à des substances dont l'identité avec celles que nous avons considérées est loin d'être établie (1). Du reste, ces questions sont étrangères à mon sujet, et, pour en finir avec cet aperçu de la constitution intime du corps de nos filons (que j'ai cru bon de donner préalablement), j'ajouterai, d'une manière générale, que les variations de puissance auxquelles ces

---

(1) Cette disposition accidentelle n'a été observée que dans une région où l'on connaît des porphyres antérieurs d'ailleurs à la formation du filon. Elle rappellent ce que MM. Coste et Perdonnet disent du minerai de plomb du Yorkshire, qui se trouve quelquefois associé avec de la baryte sulfatée, de manière à rappeler la structure du porphyre orbiculaire de Corse (Annales des mines, 2e série, 1re liv. de 1830, p. 9).

filons sont sujets ne paraissent pas être sans rapport avec la nature de la roche encaissante.

Ainsi, autant que des généralités peuvent être vraies, il me paraît que, puissants et productifs dans les terrains solides, mais cassants, ils semblent disparaître dans les terrains mous ou très-tenaces; presque uniquement quartzeux dans les roches d'origine ignée, la gangue noire demi-schisteuse, dont j'ai parlé, les remplit presque entièrement dans les grauwackes ou dans les schistes les moins consistants. Enfin, toute cause favorable, soit à l'élargissement de la cassure qui a constitué le filon, soit à la conservation du vide, cette cause semble avoir été également favorable à l'accumulation des minéraux dont le filon est rempli comme si ce n'était pas la matière qui avait manqué, mais seulement la place.

Avant de passer à l'explication des *Pl. VI* et *VII*, dans lesquelles je n'ai considéré les filons que par rapport à leur allure et à l'étendue des massifs métallifères, il reste à dire un mot de la constitution géologique de la contrée qui recèle ces gîtes.

Constitution géologique de la région des mines.

Je n'ai pas à la décrire en détail. M. Dufrénoy, dans son beau mémoire sur les terrains de l'Ouest de la France (1), a pris soin de faire connaître la contrée en général et le canton de Huelgoat en particulier. Il me suffira donc de donner un aperçu de l'ensemble de la région métallifère, dont la constitution est des plus remarquables.

La concession des mines de Poullaouen s'étend à l'ouest de Callac et au nord de Carhaix, deux petites villes que je cite de préférence, parce

(1) Ann des mines, 3e série, t. XIV, pag. 372-378.

Tous ces détails sont nettement indiqués sur la carte géologique du Finistère, publiée en 1844, aux frais du département, par M. Eugène de Fourcy, ingénieur au corps royal des mines.

Cette carte donne exactement les limites de la concession, et même, approximativement, la position des principaux filons.

On peut y remarquer l'indépendance complète de ces filons par rapport aux différentes roches d'origine ignée, qui ont comme lardé tout ce terrain. Je ne parle pas du granite; mais, du reste, tandis que le filon de Huelgoat coupe la totalité des roches sédimentaires ou non, indiquées dans la concession, les roches ignées enclavent le lambeau de terrain schisteux qui contient les filons de Carnoët et de Plusquellec, et le groupe des filons de Poullaouen s'en trouve dégagé de tous côtés.

Il résulterait de là, au moins pour le filon de Huelgoat, qu'il est de formation plus récente que toute la série des roches qu'il a coupées.

Age relatif des différentes roches plutoniques de la concession.

Cette conclusion n'est pas douteuse pour les eurites et pour les poudingues, encore moins pour la formation des grauwackes; mais il n'en est pas de même pour les roches que l'on considère comme amphiboliques.

En effet, M. Dufrénoy et M. de Fourcy admettent, d'après M. Desnoyers, que c'est à l'arrivée au jour de ces sortes de roches qu'on peut attribuer plusieurs directions Nord-Sud observées dans le pays, et notamment celle des principaux filons de la concession de Poullaouen.

Les roches amphiboliques de la Basse-Bretagne mériteraient donc, à ce titre, de fixer notre attention d'une manière particulière; mais, d'autre part, M. de Fourcy n'hésite pas à qualifier d'am-

phibolite, certaine roche verte de la mine de Huelgoat, dont il sera question en son lieu et qui est nettement coupée par le filon. On voit que cette dernière circonstance serait en contradiction manifeste avec l'opinion admise sur l'âge des amphibolites relativement à nos filons, et qu'elle serait bien propre à justifier la réserve de M. Dufrénoy, qui se montre disposé à croire qu'il y a, en Bretagne, des amphibolites de différents âges.

Ce savant ne fait pas connaître les raisons de son opinion, mais elle est assurément très-satisfaisante pour qui connaît la diversité d'aspect des roches qu'on a coutume de donner uniformément pour amphiboliques, malgré l'absence très-fréquente des caractères habituels de l'amphibole.

M. de Fourcy énumère les principales directions Nord-Sud observées dans le Finistère, qui, selon lui, paraissent se rattacher à l'apparition des amphibolites, mais il ne dit pas sur quoi se fonde cette relation, et la carte qu'il a dressée ne la fait nullement ressortir.

Du reste, parmi ces directions Nord-Sud, la principale, celle d'une portion du cours de la rivière d'Aulne, traverse entièrement la concession de Poullaouen, en se courbant un peu, concentriquement au flanc E. du massif granitique de Huelgoat; elle se prolonge au delà de 2 lieues au Sud, dans une région où les roches amphiboliques manquent. Ce serait donc à celles de ces roches que l'on connaît dans la concession, qu'il faudrait attribuer la direction du cours de la rivière d'Aulne : ce sont précisément celles qui nous intéressent, par rapport à la formation de nos filons; mais ce sont en même temps celles dont la nature amphibolique est la plus incertaine.

Pour ce qui est de la plupart des autres directions Nord-Sud, signalées par M. Eugène de Fourcy, on est tout surpris de remarquer que, dans un pays où les roches dites amphiboliques abondent, et prennent en certains points un développement considérable, ces directions se manifestent à peu près exclusivement dans les parages où les roches amphiboliques sont le plus rares et le moins développées, ou bien encore là ou leur direction générale croise nettement, à angle droit, la direction des cassures qu'on leur attribue.

Telles sont, comme exemples du premier cas, les directions Nord-Sud de la côte occidentale du département; telle est, notamment, pour le second, la brusque déviation de l'Odet, au voisinage de Quimper.

Théorie de la formation simultanée de deux systèmes de cassures perpendiculaires l'un à l'autre.

Cette remarque n'est peut-être pas une objection sans réplique; car, tout le premier, j'admettrais qu'un épanchement de roche pâteuse soulevée au jour, suivant une direction Est-Ouest, a pu produire un système de petites cassures latérales, dirigées perpendiculairement à la cassure principale.

Qu'on suppose, en effet, que cette roche se soit présentée à la fois, sur une étendue considérable, aux lèvres de la cassure ouverte par son soulèvement; à défaut d'une suffisante issue par cette cassure, qui pouvait ne pas s'épanouir assez vite, la roche soulevante a pu déchirer latéralement les parties les moins résistantes de l'écorce terrestre, et, dans ce cas, c'est perpendiculairement à la direction de la cassure principale que les déchirures ont dû se manifester; mais il est à remarquer que l'étendue de pareilles déchirures doit être nécessairement petite par rapport à ce qu'on peut appeler la maîtresse-cassure.

Je ne vois rien dans les amphibolites de Bretagne qui puisse leur faire attribuer un rôle pareil. Rien n'indique que la direction Nord-Sud soit propre à celles de ces roches qui peuvent avoir exercé une certaine influence sur les parages que nous considérons. Elles passent pour être venues au jour à l'état liquide (1), et les cassures Nord-Sud, dont l'émission de ces roches serait cause, sont immenses relativement à l'étendue apparente des îlots formés par la roche soulevante.

D'autre part, à ne consulter que la carte du Finistère et des Côtes-du-Nord, départements qui, dans l'Ouest de la France, renferment la presque totalité des roches dites amphiboliques, on se croirait autorisé à voir, dans l'ensemble de ces roches, la plus grande conformité d'allure avec les eurites, pétrosilex et porphyres qui les accompagnent habituellement.

Or tout le monde paraît être d'accord au sujet des porphyres; ils se sont manifestement fait jour dans le sens des couches dont la direction générale est Est-Ouest, à quelques degrés près. M. Dufrénoy leur attribue la perturbation qui a marqué la fin des terrains de transition.

Que partie des roches amphiboliques venues au jour postérieurement aux porphyres aient percé, de préférence, les mêmes zones de terrain; qu'elles se soient insinuées dans les mêmes couches que le porphyre avait déjà disjointes, je l'admettrais sans peine. Il suffirait, pour qu'il en eût été ainsi, que les émissions amphiboliques se présentant sous

(1) Explication de la carte géologique de la France, t. I, p. 200.

toute l'étendue de la contrée, eussent trouvé là des points de moindre résistance. Mais, dans ce cas, au lieu d'imprimer leur direction aux roches qui leur ouvraient passage, elles auraient subi la leur. Dès lors de quelle nature serait cette relation qu'on suppose entre l'émission des roches amphiboliques de nos environs et les directions Nord-Sud qu'on y observe?

Je n'ignore pas que M. Dufrénoy a signalé, près de Domfront et près de Guingamp, des amphibolites dirigées du Nord au Sud. Je sais qu'il a établi la postériorité de ces amphibolites, relativement aux granites à gros grains ou porphyroïdes qui sont précisément les granites dont la concession de Poullaouen est entourée de tous côtés, à des distances plus ou moins grandes. Mais la manière d'être de la plupart des roches du Finistère, auxquelles on donne aussi le nom d'amphibolites, cette manière d'être, dont je viens d'indiquer les traits principaux, doit empêcher, ce me semble, jusqu'à nouvel éclaircissement, de les ranger dans la même catégorie.

En présence de ce doute d'une part, de l'autre en tenant compte de l'âge récent du granite porphyroïde que M. Dufrénoy regarde comme postérieur aux porphyres quartzifères, et en prenant en considération la position, relativement à ce granite, des différents gîtes de galène connus en Basse-Bretagne, n'y a-t-il pas lieu de se demander s'il n'est pas possible d'attribuer la formation de nos filons au granite porphyroïde lui-même?

Manière d'être des filons de galène par rapport au granite à gros grains.

En effet, les gîtes de galène connus en Basse-Bretagne en, dehors de la concession des mines de Poullaouen, se trouvent tous dans le terrain de transition et à la lisière extérieure des massifs

granitiques, au milieu desquels la région métallifère de Poullaouen est enclavée.

Ce sont, au Nord, près de Saint-Pol, et à l'Ouest près du Faou, deux filons de quartz qui ont donné quelques échantillons de galène; au Sud, à Baud, dans le Morbihan, un filon reconnu sur une certaine étendue; à l'Est enfin, près de Chatelaudren, un filon anciennement exploité.

On ne peut pas dire, sans doute, que les roches amphibolites manquent au voisinage de ces gîtes; mais elles y sont rares et fort peu développées, tandis que le granite à gros grains est la roche plutonique dominante.

Pourquoi dès lors attribuer aux amphibolites la propriété exclusive d'avoir été accompagnées de filons métalliques? D'un autre côté, n'est-on pas en droit, au contraire, de leur contester cette propriété, quand on voit, sur la carte, le granite lui-même percé en un grand nombre de points d'îlots amphiboliques, sans qu'on y signale aucun gîte de galène.

Au contraire, si l'on reporte au granite les influences attribuées aux amphibolites, tout semble s'expliquer avec plus de facilité, non-seulement pour les filons métalliques, mais même pour les cassures Nord-Sud qu'on observe dans l'étendue de la concession.

Ainsi, le parallélisme remarquable que j'ai signalé, entre la direction Nord-Sud de la rivière d'Aulne et le flanc oriental du massif granitique de Huelgoat, n'a plus rien que de naturel. On n'a plus à s'étonner de cette concentration des gîtes les plus importants de la concession, à l'extrémité la plus éloignée des principales masses amphiboliques et la plus rapprochée au contraire du gra-

nite. Il n'y a plus à se préoccuper de l'indépendance complète des différents gîtes de la concession, par rapport aux amphibolites qui s'y trouvent.

Il semble même qu'une fois admise cette hypothèse, qu'à la lisière des brèches par lesquelles le granite porphyroïde s'est fait jour au milieu de certains étages de terrain de transition, il a été accompagné d'émissions de galène, on pouvait prévoir, jusqu'à un certain point, que les gîtes métalliques devaient être plus nombreux, plus rapprochés et plus importants, dans l'étendue de la concession de Poullaouen que dans tout le reste de la Bretagne. En effet, où trouver ailleurs un canton où l'écorce terrestre ait été assez peu résistante pour livrer passage, en un nombre de points aussi grand, à des roches éruptives aussi variées? Où trouver, en Bretagne, un autre canton où l'écorce terrestre, aussi fragile déjà par elle-même, ait dû être travaillée aussi profondément, dans toute son étendue, par d'aussi importantes masses de granites soulevées tout autour?

Quant à la direction Nord-Sud, qui paraît être généralement propre aux filons de Bretagne les plus importants, on peut la rattacher aux soulèvements granitiques plus naturellement, ce me semble, qu'aux épanchements amphiboliques. Cette constance de direction ne peut-elle pas être attribuée d'une manière générale à quelque effet analogue à celui que j'ai indiqué plus haut, pour rendre compte de la formation d'un système de cassure perpendiculaire à une ligne de soulèvement?

Car, il est à remarquer que le soulèvement granitique, dont le relief actuel de la Bretagne porte

l'empreinte d'une manière si prononcée, s'étend sur une centaine de lieues, d'Alençon à l'île d'Ouessant, avec une direction Est-Ouest, tirant de quelques degrés vers le Sud, suivant M. Dufrénoy : or, nos principaux filons courent du Nord au Sud, en tirant de quelques degrés vers l'Ouest, c'est-à-dire que leur direction est sensiblement perpendiculaire à celle du soulèvement granitique.

Cela suffirait, dans mon hypothèse, pour rendre raison de cette double série de filons Nord-Sud de galène, que l'on connaît, de l'un et de l'autre côté du faîte granitique, dans la Manche, l'Ille-et-Vilaine, le Morbihan, les Côtes-du-Nord et le Finistère.

Mais d'ailleurs, à ne considérer que l'étendue de la concession, il est bien naturel encore de rattacher la direction Nord-Sud de nos filons au granite plutôt qu'aux amphibolites, puisque les flancs des massifs granitiques, qui pressent cette région à l'Est et à l'Ouest, affectent la direction Nord-Sud sur une étendue considérable, relativement à celle des filons connus dans l'intervalle.

Je ferai remarquer, en outre, qu'un épanchement de roche probablement pâteuse, aussi puissant que celui qui a amené au jour le granite porphyroïde, a pu se faire lentement et à plusieurs reprises, et que ces deux circonstances, qui ne semblent pas pouvoir convenir également bien aux amphibolites, sont éminemment favorables à la conception de ces formations successives de nos filons dont j'ai tâché de fournir les preuves.

Enfin, et sans vouloir insister davantage sur ces considérations, qui m'éloignent du but que je me propose, je ne puis m'empêcher de demander si

le granite porphyroïde, qui se montre dans les Vosges, sur le prolongement de la zone granitique de Bretagne, ne peut pas être rapporté à la même époque géologique, et si les filons Nord-Sud de galène argentifère qui l'accompagnent, sans le pénétrer, ne peuvent pas également en dépendre.

Je rappellerai encore, que les autres filons de galène argentifère les plus importants que la France possède, ceux du Puy-de-Dôme et de la Lozère, se trouvent pareillement sur la lisière de granites à gros grains, qui ont la plus grande ressemblance avec ceux de Bretagne (si ma mémoire ne me trompe pas), et que la direction générale de la plupart de ces filons est Nord-Sud aussi.

On m'accordera que, dans ces différentes localités, les roches amphiboliques, sans manquer d'une manière absolue, paraissent être relativement plus rares que le granite porphyroïde. Elles paraissent beaucoup plus rares, surtout qu'en Bretagne, bien que les gîtes métallifères qui les avoisinent ne soient pas moins nombreux, ni sensiblement moins importants.

Il semble donc résulter de là, qu'en France, le granite porphyroïde est la roche la plus abondamment et la plus constamment associée avec les filons de galène argentifère, et que, par suite, jusqu'à preuve du contraire, il semble permis de douter qu'il convienne d'attribuer la formation de ces filons à d'autres roches soulevantes qu'à ce granite lui-même.

Mais, il paraît malaisé de rattacher à un système unique de soulèvement, et surtout à un système Est-Ouest, tous les granites à gros grains que l'on voit accompagnés de filons de galène. Cependant l'uniformité de direction de ces filons, sans être

parfaite, est suffisante pour donner à croire qu'ils ont une origine commune; et comme il ne paraît pas possible de rendre raison de la direction Nord-Sud des filons du Puy-de-Dôme et de la Lozère, à l'aide de la théorie qui a été émise pour la Bretagne, peut-être convient-il de revenir, pour l'ensemble de ces gîtes, à l'explication particulière donnée pour l'étendue de la concession de Poullaouen. J'ai fait remarquer que ce canton se trouvait enclavé entre deux massifs granitiques limités eux-mêmes, du côté des filons, par des lignes Nord-Sud, et que, par suite, cette direction a pu être celle des cassures faites dans le terrain de transition en regard du granite. Or on sait, d'après M. Fournet, que la même chose arrive pour les filons Nord-Sud du Puy-de-Dôme, dont la direction concorde avec celle des soulèvements granitiques qui dominent Clermont. S'il en était de même pour la Lozère et les Vosges, on arriverait à penser que les granites à gros grains peuvent comprendre des granites de différents âges, et que, dans le nombre, il en est qui, venus au jour par petits massifs allongés du Nord au Sud, ont été accompagnés d'émissions métalliques. M. Paillette a découvert dans le voisinage des filons de Carnoët et de Plusquellec, au Nord, un bouton de granite isolé ayant 1000 mètres environ de longueur du Nord au Sud, sur une largeur de 350 mètres. Ce piton qui relève sur ses flancs le terrain de transition, au milieu duquel il a surgi, est peut-être un témoin de ces soulèvements granitiques dirigés du Nord au Sud, dont je suis amené à regarder l'existence comme possible. En ce point, les couches schisteuses, au milieu desquelles on trouve le granite,

affectent elles-mêmes la direction N.-S. sur une grande étendue.

Quoi qu'il en soit, j'ai voulu faire voir :

1° Qu'en Bretagne l'influence des roches amphiboliques, sur la formation des filons N.-S. de galène argentifère, ne paraît pas être assez bien établie pour que le doute, à ce sujet, ne soit plus permis;

2° Qu'en France, ce ne sont pas seulement les roches amphiboliques et certains porphyres auxquels il semble permis d'attribuer la formation des filons de galène argentifère;

3° Que les granites à gros grains paraissent mériter quelque attention, comme roche habituellement accompagnée de galènes argentifères;

4° Qu'il y a lieu de rechercher si les granites à gros grains, qui se montrent accompagnés de minerais métalliques, ne sont pas d'un autre âge que la masse des granites porphyroïdes avec lesquels ils sont associés en Bretagne.

Tout ce qui précède a dû donner une idée suffisante de la constitution intime de nos filons et du milieu dans lequel ils s'étendent. Pour compléter la description d'ensemble il ne reste plus qu'à renvoyer le lecteur aux *Pl. VI* et *VII*, qui renferment en substance ce qu'il importe de faire connaître relativement à la distribution du minerai au sein des gîtes, et à l'allure de ceux-ci.

Ces planches sous les yeux, nous allons donc passer en revue les trois groupes de filons, que nous avons distingués dans la concession de Poullaouen.

Groupe de Huelgoat.

La *Pl. VI* donne à peu près tout ce qu'on connaît de ce groupe. Il se compose essentiellement du filon principal qui occupe la presque totalité de la feuille et d'un filon stérile A_1, A_2, A_3, reconnu sur 600 mètres de longueur, au niveau de la galerie d'écoulement *a*, *a*, *a*.....

Le filon stérile, que nous nommons filon de Camblan, paraît être puissant de 2 mètres environ. On voit même qu'il offre, en A_2, un renflement considérable reconnu par plusieurs traverses. Il est composé de veines inégales de quartz, d'un blanc plus ou moins net, insérées dans le grauwacke et présentant de nombreuses géodes de quartz cristallisé.

La pyrite commune s'y trouve fréquemment en petits cristaux semés sur le quartz.

On y a rencontre quelques traces de blende, au voisinage de A_2, mais pas au delà, du côté Sud. Du côté Nord, cette portion du filon de Camblan se montre intimement unie au filon principal : ainsi, l'on voit nettement une branche de ce dernier, qui est bifurqué en a_1, se détourner de sa direction, pour venir s'insinuer, sans solution de continuité, dans le filon de Camblan, en a_2. Cette observation importante est facilitée par la présence, en ce point, d'une veine de blende contiguë à une veine de quartz, qu'on peut suivre, toutes deux, sur une grande longueur.

D'après cela, le filon de Camblan semble devoir être le plus ancien des deux. Il paraît d'ailleurs avoir été coupé par le filon principal, sans rejet sensible : on le retrouve à sa place en a_3 et son

existence, plus au Nord, a été mise hors de doute par une exploration spéciale entreprise en A_1.

Enfin, de nombreuses traces quartzeuses, observées, à la surface du terrain, sur la direction de ce filon (qui court exactement du Sud-Ouest au Nord-Est) permettent de supposer qu'il s'étend sur plus de 2.000 mètres de longueur.

La pente de ce filon stérile est de 50 à 60° vers le Sud-Est.

J'ai indiqué sur le plan (*Pl. VI*, *fig.* 8) l'allure générale des différentes roches qui avoisinent le filon de Camblan. Ces indications sont déduites d'observations faites au jour, sur plus de 3.000 mètres de longueur mesurés en tout sens, dans l'étendue de la zone au milieu de laquelle s'étend ce filon, et ce sont les lignes de séparation des différents terrains que j'ai rapportés sur le plan, en les accompagnant de quelques explications propres à faire connaître les roches auxquelles ces limites conviennent. Si l'on prend ces limites pour les directions mêmes des roches dans cette étendue, on voit que le filon de Camblan semble courir parallèlement au poudingue et au schiste, qui servent l'un de mur, l'autre de toit à la roche verte et à ses dépendances qui le renferme.

Il y a de plus à remarquer que la pente de ce filon S.-O.-N.-E. est la même que la pente générale du terrain.

Filon principal. Situé à 300 ou 400 mètres à l'Est du granite, le filon principal est reconnu sur une étendue de près de 1.100 mètres et sur une profondeur de plus de 300. Sa direction qui, en moyenne, est Nord-Sud, tirant un peu vers l'Ouest, est sujette à des variations notables, dont j'ai tâché de représenter

les principaux traits dans le diagramme *fig.* 10 qui donne, à une échelle sous-double de celle du plan, les directions correspondantes à trois niveaux différents. Ce diagramme ne reproduit que quatre systèmes de direction ; mais, en réalité, il conviendrait d'en mentionner un cinquième, dont je fais abstraction, parce qu'il est moins prononcé et moins étendu que les autres. On peut l'observer entre les puits de Poullaba et de Humboldt (P et H du plan) aux troisième, cinquième et septième niveaux. Ce cinquième système de direction raccorde, en quelque sorte, les deux derniers qui figurent sur le diagramme, à l'extrémité S du filon principal.

Ces variations, qui sont fort notables, comme on le voit, n'ont pas empêché les auteurs, qui ont parlé du filon de Huelgoat, de le citer pour sa régularité. Et, à vrai dire, cette réputation n'est pas usurpée, mais il est bon de montrer avec précision ce que l'on entend par filon régulier, et pour le faire, rien ne saurait remplacer un dessin exact et complet.

La pente du filon de Huelgoat est généralement roide, comme on le voit dans six coupes (*fig.* 11) prises en différents points : elle éprouve çà et là de légères variations qui, pour la plupart, ne sont, à bien dire, que des oscillations autour d'une pente générale de 70 à 80° vers l'Est. Mais au Sud, la région extrême du filon dont le puits Humboldt occupe le centre (voir le plan en H). Cette région a une pente régulière (pente Z) bien moindre que celle du reste du filon, et qui se rapproche singulièrement de la pente du filon de Camblan, ouvert au sein de la même roche, suivant une direction fort différente.

Variations d'allure en rapport avec la nature des roches traversées.

On peut croire que ce fait n'est point accidentel : car, dans nos filons, il n'est pas rare de voir les changements de nature, en général, qui surviennent dans la roche encaissante, correspondre à des changements d'allure. Si je ne me fais pas illusion, on a, de ce fait, un exemple, sur la plus grande échelle désirable, dans les variations qu'éprouve la direction du filon de Huelgoat lui-même.

Ces variations paraissent être assujetties à un ordre remarquable.

Comme on l'a vu, le filon se compose de cinq tronçons se faisant suite l'un à l'autre, sans interruption, mais caractérisés chacun par une direction qui diffère de 20 à 30° de la direction du tronçon contigu. Or, si l'on examine sur le plan (*Pl. VI, fig.* 8, en I, II, III, IV et V) la position, le nombre et la puissance des zones de terrain, au milieu desquelles le filon s'étend, on trouve, qu'en tenant compte de l'inclinaison des couches, elles correspondent chacune à l'un des tronçons que j'ai signalés, c'est-à-dire que le filon change de direction en passant d'une zone à l'autre.

Il serait difficile d'affirmer que cette correspondance est parfaite. Les limites des différentes roches encaissantes ne sont pas connues, dans l'intérieur de la mine, avec toute la précision désirable; cela pour deux raisons : 1° Ces roches ne sont que fort rarement mises à nu, parce qu'il est habituellement inutile d'enlever en totalité le quartz qui forme le corps du filon ; 2° Les traverses, qui pourraient révéler la nature de la roche encaissante, se trouvent rarement ouvertes en lieu convenable pour l'exploration des parties douteuses et, de plus, la reconnaissance du terrain, dans ces ou-

vrages de peu d'étendue, est soumise à toutes les chances d'incertitude que présenteraient, même au jour, des échantillons de roches en partie décomposées ou modifiées, telles que celles qui constituent les zones n°s III et IV.

C'est à la zone n° III que s'applique particulièrement l'incertitude dont il s'agit.

Assez nettement distincte, au jour, des zones qui l'avoisinent, et affectant une allure nettement déterminée dans l'étendue de la région qui nous intéresse, cette zone se montre plus complexe dans la profondeur et plus confusément caractérisée.

C'est ainsi que M. Dufrénoy a pu n'attribuer à la roche verte, qui forme le trait saillant de ce groupe, qu'une puissance de 40 mètres, à la hauteur de la galerie des tirants $\theta\theta$ (voir le plan et le profil), tandis qu'au douzième niveau, nous avons eu occasion, dans ces dernières années, de reconnaître la même roche, avec ses caractères les plus tranchés, sur une étendue presque quintuple, mesurée d'un même côté du filon.

Pour ces différentes raisons, je serais donc porté à penser que, relativement à la question qui nous occupe et à défaut d'explorations souterraines suffisantes, la manière d'être des roches prises au jour, dans leur allure générale, doit être considérée de préférence à quelques observations sans suite et sans étendue, faites dans l'intérieur de la mine.

Les observations de ce genre laisseraient la question indécise. Celles auxquelles j'ai recours semblent la résoudre dans le sens que j'ai indiqué.

Le tronçon le plus important des cinq que je distingue, a une direction qui paraît être sensi- Direction hypothétique de la cassure.

blement perpendiculaire à l'allure générale des formations dans lesquelles entrent les roches ignées non décomposées, telles que la roche verte dans ses parties les mieux caractérisées pour la zone n° III et le porphyre quartzifère pour l'extrémité N. du filon. Hors de là, le filon passe de la direction N. 18° O. à une direction N. 7° E. dans laquelle je ne serais pas éloigné de voir la direction générale de la cassure qui a donné naissance au filon. Dans cette hypothèse, j'expliquerais les faits rapportés ci-dessus, en disant qu'à la rencontre des roches plutoniques non décomposées, la résistance à la fracture a pu être plus grande que dans le terrain ambiant, et que, par suite, la rupture, au lieu de suivre la direction générale, s'est propagée suivant un plan de moindre résistance, c'est-à-dire perpendiculairement à la direction de la roche.

Quoi qu'il en soit, des recherches faites, à différents niveaux, au Nord et au Sud, sur le prolongement de la direction N. 20° O., qui correspond aux parties les plus productives du filon, ces recherches ont été sans résultat. Mais il en a été à peu près de même sur le prolongement de la direction N. 7° E.

Failles. Une faille argileuse et sans consistance, ouverte en grande partie, dans le schiste, coupe le filon au voisinage du puits de Poullaba. Cette faille est dirigée E. 12° S. environ. Elle paraît se bifurquer dans la hauteur : sa pente tombe vers le Sud, à ne pas en douter, bien que, dans la hauteur, elle paraisse verticale en quelques points. Cette faille rejette le filon de 20 mètres environ du côté de l'angle aigu.

Une autre faille, moins bien connue, ouverte

en partie dans le porphyre quartzifère, coupe le filon à son extrémité Nord. Elle paraît avoir, à quelques degrés près, la direction et la pente de la faille du puits de Poullaba. La manière d'être du filon à son extrémité nord rend difficile l'appréciation du rejet auquel cette faille peut donner lieu. Il semble devoir être peu considérable.

Le filon de Huelgoat est généralement très-puissant : on l'exploite communément sur une largeur de 1^{m},50 environ, en laissant au toit et au mur une croûte de quartz stérile, plus épaisse souvent que la bande dans laquelle le minerai est renfermé.

En quelques points, particulièrement au Nord, dans la région supérieure, le filon se divise en plusieurs branches.

On peut voir, sur le plan (*fig.* 8), des exemples de cette manière d'être, au Nord des premier, quatrième et septième niveaux, que j'ai tracés d'un trait plein, pour les distinguer des galeries voisines. Tantôt les branches divergent en avançant vers le Nord et semblent se perdre dans le terrain, comme au septième niveau. D'autres fois, au contraire, comme au quatrième niveau, sans réunion apparente au Sud, elles tendent à se rejoindre au Nord. Enfin l'on trouve des exemples de réunion au Nord et au Sud à la fois, comme dans la galerie *mmm* qui paraît comprendre tous les cas. L'extrémité Nord de cette galerie a suivi jusqu'à trois branches m_1, m_2, m_3, bien distinctes qui sont indiquées sur le plan.

L'existence des branches multiples est habituellement accusée par une déviation notable de l'une des branches, relativement à l'allure ordinaire du filon, et ces variations se manifestent non-seu-

lement dans la direction, mais aussi dans la pente, comme le montrent les coupes Y, U et T (*fig.* 11). Presque toujours d'ailleurs ces branches se rattachent au corps du filon en quelque point, où la bifurcation se dessine assez nettement pour ne point passer inaperçue.

On exploite, dans le filon de Huelgoat, deux sortes de minerai : un minerai de plomb argentifère et un minerai d'argent sans plomb.

Minerai de plomb. Le minerai de plomb, est une galène à facettes de largeur fort variable, plutôt moyennes que grandes, parfois même à grains d'acier, d'un bleu tirant sur le gris, médiocrement éclatante, rarement cristallisée et ne se montrant guère qu'en petits cristaux octaédriques. Cette galène contient communément de 1 à 2 millièmes d'argent. La teneur la plus fréquente est comprise entre 1 et 1 millième 1/2.

A la partie supérieure du filon, au Nord, on a exploité des galènes à 3 millièmes. J'ai trouvé des échantillons à 2 millièmes à l'extrémité Sud de la galerie la plus profonde.

D'autre part, on a rencontré, à la naissance même du filon au Nord, dans la galerie *mmm*, des échantillons ne tenant que 1 dix-millième, et au sud, dans le voisinage du puits Humboldt d'autres échantillons à 4 dix-millièmes, caractérisés les uns et les autres par une teinte d'un bleu plus net, et par des facettes plus éclatantes que celles du minerai plus riche.

La galène de Huelgoat se présente en veines irrégulières généralement minces, éparpillées dans un puissant filon de quartz qui est rubané dans la région du gîte la plus importante : on aperçoit parfois des paillettes et même, dirait-on, des frag-

ments de blende lamellaire, noyés dans ce quartz, suivant la ligne de séparation des zones qui le caractérisent. Cette particularité que le quarz rubané présente seul, semble établir une différence fondamentale entre cette variété de quarz, et le quarz ordinaire des filons de la Bretagne.

L'abatage du quartz d'Huelgoat est plus facile qu'on ne le supposerait, grâce à une infinité de fissures qui le sillonnent, particulièrement dans le sens du filon, tout en se coupant sous différents angles. Ces fissures contiennent elles-mêmes assez souvent des traces de galène. Cette galène est parfois cristallisée; mais cristallisée ou non, elle paraît toujours postérieure au quarz dans les fissures duquel elle s'est logée.

Le quartz forme, parfois, des géodes généralement étroites, mais d'une certaine étendue, tapissées d'assez gros cristaux hyalins. Il y a des régions entières du filon (notamment dans les schistes et grauwackes des extrémités Nord et Sud) où le quartz rubané manque complétement, pour faire place à de simples veines de quartz ordinaire, quelquefois même grenu, plus ou moins abondamment répandues dans une roche noire qui paraît provenir des schistes encaissants.

Ces différents quartz blancs, gris ou noirs et particulièrement, ce semble, ceux qui sont à cassure esquilleuse, portent parfois, et cela dans toute l'étendue du filon, de nombreuses empreintes fort nettes de rhomboèdres qui paraissent avoir appartenu à des cristaux de chaux carbonatée de différentes grosseurs. Il en est qui ont plusieurs centimètres de côté.

La chaux carbonatée n'est connue à Huelgoat que dans les *schistes à laumonite*, à l'extrémité

Nord du filon, et dans la *roche verte*, au Sud. Elle ne s'y trouve que rarement, en petite quantité à la fois et à l'état lamellaire.

J'ai vu de la blende cristallisée, ou fibreuse et mamelonnée, déposée sur ces empreintes, de manière à les recouvrir, sans les avoir occupées : elle en était séparée par une sorte de tissu transparent de quartz calcédoine blanc, qui portait la contre-empreinte des rhomboèdres. Cette contre-empreinte se retrouve quelquefois dans du quartz hyalin cristallisé en cristaux de moyenne taille.

Je possède même un échantillon de blende brune lamellaire, qui porte la contre-empreinte à nu, sans interposition de quartz.

Jamais je n'ai eu occasion de rencontrer la galène avec ces différentes manières d'être par rapport aux empreintes laissées dans le quartz esquilleux.

Souvent, ces empreintes sont revêtues de plomb phosphaté concrétionné, d'un gris sombre. On y trouve aussi des cristaux de plomb carbonaté, assez ordinairement couchés à plat dans les creux rhomboédriques, soit au contact du quartz lui-même, soit sur la croûte mamelonnée de phosphate qui le recouvre.

Ces deux minéraux plombeux existent aussi d'ailleurs loin des empreintes rhomboédriques, dans des crevasses ouvertes en plein quartz rubané ou non. On les a rencontrés ainsi, en quantité notable, concurremment avec du plomb sulfaté, dans les parages du douzième niveau, à la plus grande profondeur des travaux et dans une région que le plan donne comme enclavée dans la roche verte.

Le plomb sulfaté se trouve assez habituellement au contact ou pour le moins à proximité de

la galène. Les plombs phosphaté et carbonaté paraissent en être plus indépendants. On dirait que ces différents minéraux se plaisent aux extrémités inférieures des massifs métallifères, dans les parties ouvertes, crevassées.

Distribution du minerai de plomb dans le corps du filon.

Le profil montre la disposition des massifs de galène dans l'intérieur du filon : elle est indiquée par un système de hachures inclinées du haut en bas, du Nord vers le Sud. Ces hachures peuvent être considérées comme étant parallèles à la fois aux axes des massifs métallifères et aux plans de séparation des différentes roches que le filon traverse.

On reconnaît d'abord que, sauf deux petits massifs de galène existant dans les environs du puits de Humboldt, la matière métallique semble s'être concentrée dans la région occupée par différentes roches plutoniques, sans se répandre dans le terrain sédimentaire qui flanque, au Nord et au Sud, l'espace envahi par ces roches.

En second lieu, on remarque que, même dans l'étendue de terrain qu'on peut appeler métallifère, le filon comprend des espaces considérables complétement stériles. Et non-seulement ces espaces sont stériles, mais le filon y devient parfois entièrement indiscernable, comme il arrive entre le quatrième et le neuvième niveau, aux environs du puits de Poullaba.

Je dois ajouter toutefois, que si, d'ordinaire, la disparition du minerai est prochainement suivie de la disparition des caractères du filon eux-mêmes, ce fait n'est pas général. L'exception la plus remarquable qu'on puisse citer est déduite de la manière d'être du filon à son extrémité Sud. Au septième niveau particulièrement, le filon se suit sur plus de

200 mètres sans minerai, mais quartzeux, puissant et régulier, comme on le voit sur le plan. On dirait même qu'il acquiert de la puissance à mesure qu'il s'éloigne du minerai pour se rapprocher du filon quartzeux de Camblan.

Enfin, si l'on examine la *fig.* 12 qui donne, en $\alpha\beta\gamma\delta$, l'étendue superficielle occupée par le minerai de plomb, aux différents niveaux, on voit que cette étendue va en croissant depuis le jour jusqu'à la profondeur du septième niveau, à 175 mètres sous le jour; mais qu'au-dessous elle décroît assez rapidement pour qu'il y ait lieu de craindre la disparition du minerai à une profondeur dont la limite semblerait pouvoir être donnée par le prolongement de la ligne $\gamma\varepsilon$, jusqu'à la rencontre de la ligne $\gamma\zeta$, c'est-à-dire à moins de 100 mètres au-dessous des travaux actuels.

Cette limite serait même, notablement moins étendue encore, si, au lieu de ne considérer que le minerai de plomb, on tenait compte aussi du minerai d'argent qui appartient sans doute à la même formation et qu'on ne doit pas séparer.

Minerai d'argent.

Le minerai d'argent occupe la région supérieure du filon : il fait suite au minerai de plomb, avec lequel il se confond à la ligne de contact. Son étendue est un peu plus grande que ne l'indique, sur le profil, la partie teintée de hachures dirigées de haut en bas, du Sud au Nord. Cela tient à ce qu'on a attribué au minerai de plomb toute l'étendue commune aux deux minerais.

On a coutume de dire que le minerai d'argent de Huelgoat se trouve aux affleurements, qu'il constitue ce que les Allemands appellent *le chapeau de fer* du filon.

Tout cela est vrai en partie, mais il convient d'ajouter :

1° Que ces affleurements ne se sont élevés jusqu'au jour qu'en un fort petit nombre de points à l'extrémité Nord ;

2° Que dans ces parages on a rencontré la galène presque aussi haut que le minerai d'argent, et même complétement indépendante de ce dernier dans la veine du toit, qui figure sur la coupe T (*fig.* 11) ;

3° Que le minerai d'argent descend en quelques points, notamment au sud, au voisinage du puits de Poullaba, à 175 mètres sous le jour ;

4° Enfin que ce *chapeau* n'est pas essentiellement ferrugineux partout.

L'argent se trouve à trois états différents dans le minerai de Huelgoat : à l'état de chloro-bromure, d'argent natif et de sulfure plombo-cuprifère.

Les deux premiers de ces minéraux paraissent être plus répandus que le troisième : on les rencontre particulièrement à la crête du massif argentifère, sur toute l'étendue de l'exploitation. Ils se montrent, soit ensemble, soit séparément, associés à des gangues diverses, qui ont pour caractère commun d'être constamment ferrugineuses au contact de l'argent.

Rarement discernables, on ne juge de leur état que par la présence de quelques échantillons généralement peu communs, dans lesquels le minerai s'est concentré. C'est d'après des indices de ce genre que, sur le profil, j'ai assigné un gîte spécial à chacun des minerais d'argent que l'on connaît dans le filon de Huelgoat.

A l'extrémité Nord, la nature du minerai n'est

pas indiquée, par suite de la rareté extrême d'échantillons reconnaissables à la vue, dans cette région qui est enclavée partie dans le schiste, partie dans le porphyre quartzifère. Le minerai exploité dans ce canton s'est trouvé d'ailleurs fort riche; il était caractérisé par une gangue argileuse grasse, médiocrement ferrugineuse.

Cette absence d'échantillons de minéraux d'argent visibles, dans une des parties les plus riches du gîte, n'est pas un fait exceptionnel. Un dicton a cours à la mine de Huelgoat, qui, sans être absolument vrai, se vérifie néanmoins souvent. Lorsqu'entendant parler d'un atelier riche, vous demandez si l'on y voit de beaux échantillons, on vous répond : « Il est trop riche pour qu'il en soit ainsi. »

Les chloro-bromures d'argent se trouvent en petits cristaux d'un vert plus ou moins jaune. Leur abondance n'est nullement en rapport avec celle des matières ferrugineuses au sein desquelles ils sont déposés. Ainsi, on en rencontre des quantités notables au milieu de quartz rubané, ou de certaines roches schisteuses, dans de simples fissures légèrement enduites de fer oxydé brun ou rouge, et des cantons entiers extrêmement ferrugineux n'en fournissent que des traces. Néanmoins, la présence de l'oxyde de fer semble nécessaire à celle du chlorure d'argent. S'il y a une exception, elle n'est admissible qu'en faveur d'un amas d'hydrosilicate d'alumine vert, trouvé en HD_1, au Nord du poudingue CR, près du puits supérieur (voir le profil, *fig.* 9).

Fort riche en argent dans les parties ferrugineuses, qui étaient d'un rouge sombre très-chaud, et montraient parfois des cristaux de chloro-bro-

mure, cet hydrosilicate était riche aussi, mais à un moindre degré, dans les parties qui n'avaient que de simples marbrures couleur lie de vin, et l'on trouvait encore une teneur satisfaisante aux parties que l'on avait tâché de purger avec soin de toute trace ferrugineuse. Cette dernière classe a été fondue, en certaine quantité, sous le nom de *terres blanches*.

Les hydrosilicates de Huelgoat sont solides, tenaces, d'un beau vert qui s'évanouit à l'air et revient à l'eau. Ce sont des matières qui ne sont pas essentiellement argentifères ; on en connaît un autre amas en HD_2, au sud du puits supérieur, qui, avec les mêmes caractères extérieurs, n'a présenté que des traces d'argent. Les marbrures ferrugineuses, surtout les marbrures rouges, étaient beaucoup plus rares dans l'hydrosilicate pauvre que dans le riche. **Terres blanches.**

L'argent natif est comme le chlorure constamment associé avec l'oxyde de fer. On trouve parfois les deux minéraux réunis sur le même échantillon, et, dans quelques cas, il semblerait que c'est de la réduction du chlorure que provient l'argent natif. Ainsi, dans de minces crevasses ouvertes au milieu de quartz blanc, on voit sur l'une et l'autre paroi une tache plus ou moins large de fer oxydé brun, semée de chlorure au centre, et d'argent natif sur les bords; le tout distribué de telle sorte que les deux minéraux paraissent passer de l'un à l'autre.

Ces deux minéraux forment à peu près exclusivement la richesse du minerai connu sous le nom de *terres rouges du Huelgoat*. **Terres rouges.**

Le minerai ne devient terre, à bien dire, que par suite de l'exploitation. Il se trouve d'ailleurs

en roche sous formes de veines ferrugineuses plus ou moins nombreuses, plus ou moins puissantes et régulières, intercalées soit dans le quartz, au milieu des différentes roches qui renferment la région métallifère, soit directement dans le schiste plus ou moins modifié, soit enfin dans la roche feldspathique décomposée.

Le quartz qui contient les veines d'oxyde de fer argentifère est fréquemment cristallin.

Le schiste semble parfois avoir éprouvé une altération remarquable. Ainsi l'on en voit qui, tenace et bleu sombre en masse, perd sa couleur et sa consistance au contact des veines ferrugineuses qu'il contient, de manière à prendre une teinte jaune pâle et à devenir friable. On trouve même des parties de ce schiste divisées en petits morceaux anguleux simplement disjoints, dont le centre conserve la couleur bleu sombre de la roche intacte, et qui sont bordés d'un liséré jaune clair, tandis que les points sont accusés par des filets d'un rouge vif dus à la présence du minerai d'argent.

La décoloration paraît s'étendre d'autant plus profondément que la veine de minerai d'argent en contact est plus épaisse, et l'épaisseur de la zone décolorée diffère peu de celle du minerai.

Dans la roche feldspathique décomposée, qui est habituellement blanche, quelquefois veinée de jaune, l'oxyde de fer argentifère paraît être plutôt jaune que rouge, et en général de teinte plus claire que dans le quartz, mais surtout que dans les schistes bleus et tenaces.

Les cristaux se rencontrent ordinairement dans l'intérieur d'espèces de ganglions, où l'oxyde de fer paraît s'être concentré, au sein de la masse

exploitable du filon. On peut dire d'une manière générale que ce sont les oxydes de fer les plus compactes qui sont les plus riches. Leur teinte peut varier, d'ailleurs, du brun sombre au rouge vif et au jaune d'ocre.

La présence de rognons de galène au milieu des terres rouges est habituellement pour celles-ci un indice de richesse. Mais on n'en trouve que rarement hors du voisinage des massifs de galène.

Ce que j'appelle sulfure plombo-cuprifère paraît exister plus particulièrement à la limite supérieure des massifs de minerai de plomb, au milieu de la roche feldspathique décomposée. Terreux et d'un noir bleuâtre, on trouve ce minerai associé avec la galène, en filets ou en petits amas intercallés dans le quartz. Ce quartz contient, dans ses fissures et crevasses, de la terre blanche médiocrement grasse, qui se trouve souvent en contact avec les différentes matières métalliques du filon. Terres noires.

La galène qui paraît passer au minerai noir est ordinairement à grandes facettes ; sa teneur en argent est assez élevée, tout en restant dans les limites ordinaires. C'est habituellement contre du quartz cristallisé que se trouvent les veines de galène qui finissent dans la hauteur en minerai noir. Il n'est pas rare de trouver de la blende brune et des cristaux de plomb sulfaté associés avec cette sorte de galène.

De richesse fort variable, la teneur en argent du sulfure plombifère brut s'est élevée jusqu'à 12 p. 0/0.

La présence du cuivre carbonaté bleu et vert au milieu des terres blanches et des quartz que contiennent ces minerais, est en général de bon augure pour sa richesse.

Comme elle est terreuse, très-friable et en veines généralement minces, au milieu d'une gangue friable elle-même, cette matière se dissémine dans les déblais et l'on est forcé de traiter, pour argent, la presque totalité du filon. Il en résulte un minerai de teinte grise, d'une richesse satisfaisante et qu'on exploite en grande quantité depuis quelque temps.

Dans la région des minerais d'argent on trouve d'autres terres noires, bien moins riches que les précédentes, de teinte moins sombre et moins franche, qui sont surtout caractérisées par leur richesse en fer. Ce sont des pyrites terreuses dont le plan montre la position dans une région qui paraît correspondre à une roche connue plus bas pour être extrêmement pyriteuse, mais non argentifère. Plus près des affleurements, la région correspondante à cette roche pyriteuse contient des minerais rouges extrêmement ferrugineux, mais fort pauvres en argent.

La terre noire passe à la terre rouge, dans la hauteur; elle tient rarement plus d'un millième d'argent. On y rencontre en outre quelques rognons de galène et des traces de blende.

Les pyrites cristallisées, ou stalactiformes, qu'on trouve fréquemment dans différentes parties du filon de Huelgoat, sont à peu près complétement stériles en argent.

La blende qui existe dans toute l'étendue des travaux (car on la trouve dans certains cantons de terres rouges, aussi bien qu'au milieu de la région occupée par la galène) est médiocrement argentifère. Sa teneur varie de 2 à 4 dix-millièmes.

En grand, la teneur des minerais d'argent qu'on retire de la mine de Huelgoat est de 5 à 20 dix-

millièmes; elle s'élève accidentellement jusqu'à 35; il s'y trouve parfois 2 ou 3 centièmes de plomb, soit à l'état de galène, soit à l'état de carbonate ou de phosphate.

Ces minéraux paraissent exister en petite quantité au milieu des différentes variétés de minerais d'argent que nous venons de passer en revue, mais ils sont fort rares dans les cantons purement ferrugineux.

C'est au milieu des terres rouges qu'on a trouvé ces beaux cristaux prismatiques de phosphate brun, qui sont connus dans les collections.

En dehors des limites assignées au minerai d'argent, sur le profil, dans la région qui s'étend au Sud de la faille de Poullaba, le filon stérile sur le prolongement des massifs de galène connus dans ces parages a bien présenté çà et là quelques parties ferrugineuses, mais partout avec des teneurs en argent insignifiantes.

Ce n'est pas ici le lieu de chercher à rendre compte de la formation du minerai d'argent : je me contenterai de faire remarquer que, malgré leur faible développement, les pyrites argentifères, méritent, sans doute, d'être prises en considération dans l'établissement des théories qu'on pourrait émettre au sujet de ce gisement remarquable.

Je n'ignore pas qu'on pourrait désirer plus encore que pour la galène, moins de vague dans la fixation des limites des terrains au milieu desquels le minerai d'argent de Huelgoat s'étend avec des caractères variables et non sans lacunes. Mais aux difficultés qui ont été signalées plus haut, relativement à la détermination précise de ces limites, s'a-

joute une cause d'incertitude plus considérable pour le minerai d'argent que pour le minerai de plomb, en raison de la moindre étendue des parties du premier, dont on aurait intérêt à connaître le gisement. Je veux parler du rejet que la formation du filon a fait éprouver aux couches encaissantes.

Rejet des couches par le filon.

Le rejet paraît manifeste à l'extrémité Nord du filon, dans la région schisteuse qui contient le porphyre quartzifère; mais on n'a pas encore eu lieu d'en constater l'amplitude.

Je me contenterai donc de conclure de la description d'ensemble donnée ci-dessus, que le minerai d'argent n'est qu'une dépendance du massif plombifère, et qu'il convient de les considérer en bloc dans l'examen que nous avons à faire de la manière d'être de ce dernier.

C'est d'après ce principe que j'ai construit la *fig.* 12, dont le contour extérieur représente, en étendue superficielle, l'ensemble de la formation métallifère de Huelgoat.

Je fais abstraction de l'épaisseur du minerai: cette épaisseur, qui dépasse rarement une dizaine de centimètres (bien qu'elle ait atteint parfois $0^{m},50$), varie habituellement de 0 à 7, et se trouve ordinairement subdivisée en plusieurs veines inégales, tant entre elles que dans leurs différentes parties.

Conclusions contre l'opinion de l'unité d'allure et de la continuité des filons métalliques.

Mais nous n'avons à considérer que l'étendue superficielle du filon exploitable; notre but, en effet, est uniquement d'apprécier la manière d'être de ce gîte, par rapport à l'application des principes formulés par M. Burat, pour les dispositions à choisir dans l'établissement des principaux ouvrages d'exploitation et de recherche; et, pour cet

objet, il suffit de connaître la position des parties exploitables, abstraction faite de leur richesse.

Or, le filon de Huelgoat est reconnu sur une étendue de plus de 1000 mètres suivant la direction, et sur plus de 300 mètres suivant sa pente : on peut donc admettre que le minimum du champ d'exploration convenable à ce filon est mesuré par une étendue superficielle de 300.000 mètres carrés.

1° Défaut de continuité du filon.

La *fig.* 8 montre que dans ce champ l'on n'a trouvé que 72.460 mètres carrés de filon exploitable pour plomb, et 19.120 exploitables pour argent; soit, en somme, 91.580 mètres carrés de filon productif.

Ce n'est pas un tiers de l'étendue dans laquelle le filon pouvait être recherché avec chance de succès.

Même sans sortir de cette enceinte, qui n'a pu être reconnue qu'à la suite d'un siècle de travail, on voit déjà combien il faut avoir la main heureuse pour qu'un puits, ouvert à une certaine distance d'affleurements reconnus, tombe à point nommé sur une partie du filon exploitable, ou même suffisamment caractérisée pour ne point passer inaperçue.

2° Défaut d'étendue.

Et s'il arrive, comme dans l'exemple dont il s'agit, que l'affleurement se trouve précisément à l'une des extrémités du gîte, on voit que les travaux de recherches entrepris au jour, à une certaine distance de ces affleurements, peuvent être portés aussi bien au Nord qu'au Sud; ce qui réduit encore de moitié les faibles chances de réussite, dont je viens de donner la mesure.

3° Défaut de pente régulière.

Mais considérons les travaux à un âge un peu plus avancé, et, admettant que le filon est réellement continu et sa direction régulière, supposons que l'on calcule sa pente générale d'après celle des 70 premiers mètres de la veine au mur (voir les coupes en T, *fig.* 11), dont on a suivi les affleurements jusqu'à cette profondeur. On voit qu'un puits entrepris à une certaine distance pour rejoindre le filon par le toit, à une profondeur de 100 mètres, par exemple, ne pourrait l'atteindre qu'à une profondeur double. Cela résulte du changement qui survient dans la pente, non loin de la région reconnue par des travaux souterrains d'une étendue qui ne serait pas petite, bien qu'insuffisante encore. Dans un cas pareil, si l'on ne voulait pas descendre au-dessous des 100 mètres fixés *à priori*, ce ne serait qu'au moyen d'une traverse de 40 à 50 mètres qu'on pourrait atteindre le filon.

Or c'est un bien grand mécompte qu'un accroissement de 50 ou de 100 mètres, pour un projet d'ouvrage qui ne devait s'étendre lui-même qu'à 100 mètres de profondeur. Il n'en faut pas davantage le plus souvent pour faire abandonner une recherche, soit par insuffisance de ressources, soit, surtout, par crainte de nouveaux mécomptes.

Mais ce n'est rien encore comparativement aux mécomptes auxquels expose la supposition d'une direction uniforme.

4° Défaut de direction régulière.

Admettons, en effet, que la découverte des affleurements n'ait fait connaître d'abord le gîte que dans la zone au milieu de laquelle la coupe U (*fig.* 11) a été faite (voir sur le plan, *fig.* 8, au Nord), et supposons que l'allure du filon s'étant montrée régulière dans ces parages, sur une étendue de 100 mètres en allongement et en profon-

deur, on n'hésite pas à compter sur cette uniformité d'allure pour l'établissement d'ouvrages importants à entreprendre.

On voit que pour se fourvoyer complétement il suffit d'ouvrir les puits projetés suivant des indications pareilles, à moins de 100 mètres au Nord et au Sud de la région explorée par les travaux préparatoires. Dans un cas pareil, c'est-à-dire lorsqu'il arrive en même temps que le filon ne se suit pas dans la profondeur de la région qui a reçu les premiers travaux et que les extrémités horizontales de la partie explorée se trouvent étranglées, il serait bien à craindre que l'abandon de l'entreprise fût la conséquence du résultat négatif fourni par des puits placés comme ceux que je suppose.

Que faire, en effet, dans ce cas, si les affleurements manquent partout ailleurs, comme il arrive à Huelgoat? Se résigner à suivre le filon pied à pied, partout où on le tient, et en ne s'écartant que timidement d'abord des parties reconnues; mais alors ce serait donner prise aux accusations d'ignorance dirigées contre les anciens, qui, selon l'expression de M. Burat, ne croyaient à l'existence du minerai que lorsqu'ils le voyaient et avaient ainsi des puits rapprochés et sans profondeur, des travaux sinueux et incertains.

On voit que, pour le filon de Huelgoat du moins, le système que j'appellerai *théorique* était plein de dangers. Rien ne serait plus facile que de multiplier les exemples, en les prenant sur une échelle moins grande, ou dans des parties du filon moins bien caractérisées ou plus éloignées du jour; mais le plan permettra au lecteur de se livrer à l'étude de différents cas que je m'abstiens d'examiner. Les

exemples que je signale me paraissent être assez concluants pour faire ressortir nettement les côtés faibles de l'opinion que j'ai voulu combattre, et pour mettre en garde contre les applications ruineuses que des personnes inexpérimentées pourraient en faire.

Il ne me reste plus qu'à rappeler cette opinion, en faisant remarquer que, par sa réputation de régularité, de puissance et d'étendue, le filon du Huelgoat ne laisse pas la moindre prise à une objection qu'on voudrait tirer de la nature exceptionnelle de ce gîte. J'ajouterai même qu'il rentre, comme on l'a vu, dans la classe de ceux que M. Burat appelle *filons-failles*, circonstance qui, selon cet auteur, est une garantie de continuité et de régularité.

Voici de nouveau le texte de M. Burat, que je n'ai pas cru devoir laisser passer sans commentaire :

« Si nous parvenons, en étudiant les filons, à » démontrer l'origine que nous leur avons assignée, » on pourra calculer à l'avance à quelle distance, » quelle profondeur on rencontrera un filon par » un puits ou une galerie pratiqués dans le terrain » qui le renferme (1). »

Et plus loin :

« Toutes les fois qu'on aura constaté la direc- » tion et l'inclinaison d'un filon, un travail fait » pour le recouper en profondeur sera toujours » certain, et ne sera exposé qu'aux chances ordi- » naires des variations de puissance ou de richesse,

(1) Géologie appliquée, ou Traité de la recherche des minéraux utiles, p. 110.

» sans que la suppression en profondeur soit jamais » à craindre (1). »

Les cinq autres filons de la concession de Poullaouen, dont la *Pl. VII* donne la description, ne feront que confirmer l'insuffisance de pareils principes, qui, dans leur sens absolu et général, ne doivent jamais, selon moi, servir de règle de conduite à l'exploitant. Il ne faut y voir qu'une indication grossièrement approximative et toujours incertaine, utile néanmoins.

Groupe de Poullaouen.

Ce groupe de filons est séparé du groupe de Huelgoat par un intervalle stérile de 4.500 mètres, au milieu duquel se trouve la rivière d'Aulne, qui, dans toute l'étendue de la concession, coule du Nord au Sud, à 2 ou 3 degrés près.

Constitution géologique du groupe de Poullaouen.

Le groupe de Poullaouen, qui occupe un rectangle de 1.600 mètres du Nord au Sud, sur une largeur de 800 mètres, est entièrement compris dans le terrain de grauwacke. La roche encaissante s'y montre d'ailleurs successivement et à plusieurs reprises, schisteuse et à gros bancs, à grain plus ou moins fin et de ténacité variable. Mais on n'a encore déterminé séparément ni la position, ni l'allure, ni la puissance de ces différentes variétés de roches.

Leur direction habituelle serait Est-Ouest, à 5° près, au plus, d'après trois données recueillies dans l'intérieur des travaux, en différents points, qui

(1) Géologie appliquée, ou Traité de la recherche des minéraux utiles, p. 125.

Quatre systèmes de cassures.

1° Le filon principal, cassure complexe elle-même, dont la direction générale paraît être Nord tirant de quelques degrés vers l'Ouest, avec pente moyenne de 54° vers l'Est.

2° Le filon Saint-Charles dirigé du N. 20° E. au S. 20° O., avec pente de 58° vers l'E.

3° Les filons de la Vieille-Mine et de Laboulaye, dont la direction commune est de E. 14 à 20° N. à O. 14 à 20° S., avec pente de 61° vers le S.

4° Une ou deux failles dirigées de l'O. 30° N. à l'E. 30° S., avec pente de 64° vers le S.-O.

En outre, au Nord du filon principal et en plusieurs points de la profondeur, on a reconnu, dans ces derniers temps, un croiseur signalé depuis longtemps à la surface, sous le nom de *veine des pyrites*. La direction de ce croiseur est Est-Ouest, à 2 ou 3 degrés près, avec pente de 62° 1/2 vers le Sud. Il y a tout lieu de croire, d'après ce que l'on connaît de l'allure des couches encaissantes, dans le voisinage, que la direction et la pente de cette veine ne sont pas autres que celles des couches.

La position relative de ces différentes cassures, ainsi que le sens de leur inclinaison, sont indiqués sur le diagramme (*Pl. VII*, *fig.* 8) qui est tracé au quart de l'échelle du plan.

Ce diagramme, le plan et les indications qui précèdent, renferment à peu de chose près tout ce qu'on peut dire des filons Saint-Charles, de la Vieille-Mine et de Laboulaye.

Les deux premiers, reconnus depuis un siècle, ont été abandonnés et repris bien des fois. On les explore encore aujourd'hui, sans espérance de

succès ; mais ces recherches sont faciles et, comme on y rencontre çà et là des traces de minerai, on hésite toujours à écouter des préventions fondées assurément, mais qui ne sont pas des certitudes.

Filon de la Vieille-Mine.

D'après les quantités de minerai produites par ces différents gîtes, le filon de la Vieille-Mine est un peu plus important que le filon Saint-Charles : mais le petit massif qui lui vaut cette supériorité se trouve à son intersection avec le filon principal, et le minerai qui a donné lieu aux premiers travaux de Poullaouen, en 1728, se trouvait à l'Ouest, en VM, à peu près sur le prolongement possible du rameau FP parallèle au filon Saint-Charles. Hors de là, il n'y aurait pas lieu de dire que le filon de la Vieille-Mine est plus riche, et l'on voit, sur le plan particulier de Saint-Charles (*Pl. VII, fig.* 9), à quoi se réduit l'étendue métallifère de ce dernier filon.

Le filon de la Vieille-Mine est extrêmement peu quartzeux, beaucoup moins que celui de Saint-Charles qui ne l'est pas beaucoup. Il est moins solide, plus boueux que ce dernier. On y voit plus fréquemment des taches d'hydrosilicate d'alumine blanc onctueux. La rareté du quartz et l'uniformité d'aspect de la gangue et des épontes rendent habituellement incertaine la détermination de la puissance de ce filon.

Terminé à l'Ouest peu au delà des travaux marqués sur le plan, il paraît se prolonger à l'Est à une distance fort grande et avec une allure remarquablement régulière.

Quelques recherches suivies de ce côté n'ont amené aucun résultat encourageant.

Une observation faite dans l'intérieur des tra-

vaux Saint-Charles, sur des couches qui semblent devoir correspondre à la région occupée par le filon de la Vieille-Mine, autorise à croire que ce dernier coupe les couches encaissantes sous un angle de 15° environ; mais on ne sait rien de positif à cet égard.

Les indices de veine RR, indiqués sur le plan de la Vieille-Mine (*fig.* 6), et qui paraissent devoir couper la galerie dans une partie où elle a donné un peu de minerai, ces indices peuvent correspondre à la direction des couches dans ces parages : ils ont d'ailleurs tous les caractères minéralogiques du filon lui-même.

La galène du filon de la Vieille-Mine est habituellement blendeuse; elle ne tient que 2 à 3 dix-millièmes d'argent.

Veine de Laboulaye.

La veine de Laboulaye (dont le plan montre l'affleurement, un peu au Sud des puits Saint-Georges et Saint-Sauveur, G et S) est parallèle au filon de la Vieille-Mine, dont elle a tous les caractères. Mais elle n'a donné lieu, nulle part, à une exploitation indépendante. Néanmoins, on y a trouvé, sur une certaine longueur, plusieurs mouches de galène, au milieu du quartz, à la partie supérieure du puits Saint-Sauveur et plus bas, dans une des traverses qui réunissent ce puits au puits Saint-Georges. La veine de Laboulaye paraît, en outre, avoir prêté son ouverture au minerai qui a formé un gros tronçon EO, que l'on peut voir sur le plan, dans le parcours de la galerie *lll*....., un peu à l'O. du puits Saint-Georges. Ce tronçon, peu étendu en profondeur, a été remarquablement riche à ce niveau : on y a eu jusqu'à 2 mètres de puissance de galène.

Dans la région supérieure, où les galeries d'écoulement ont rencontré la veine de Laboulaye, à l'Est et à l'Ouest, elle n'a présenté que de la pyrite.

La stérilité habituelle des veines des filons de la Vieille-Mine et de Laboulaye a fait naître, depuis longtemps, à Poullaouen, une prévention très-prononcée contre les veines E.-O. en général.

Filon St-Charles. Le filon Saint-Charles, isolé de tous les autres, dans le groupe de Poullaouen, offre, à la direction près, tous les caractères habituels du filon principal. Puissant de 1 mètre à 1^{m},50, il n'a pas présenté de veines multiples dans l'étendue explorée. On a cru reconnaître en F (*fig.* 9), la présence d'une faille dirigée E. 12° 1/2 N., avec pente de 46° vers le N. Ce qui est certain, c'est que le filon a disparu en ce point pour ne reparaître qu'en M, avec une apparence de rejet vers l'Ouest très-prononcée, rejet qui aurait eu lieu du côté de l'angle obtus.

La galène, aussi pauvre en argent et aussi blendeuse que dans le filon de la Vieille-Mine, ne s'est jamais montrée qu'en amas sans étendue et à longs intervalles. Il semble même, que là où elle a paru en quantité un peu notable, en *m* et *n* du profil, elle se trouvait dans une région moins régulière que le reste du filon et qui pourrait bien être, pour le point *m*, le lieu de rencontre du filon Saint-Charles avec la veine de Laboulaye.

Actuellement exploré sur 400 mètres de longueur et jusqu'à 55 mètres sous le jour, ce filon paraît promettre moins encore dans la profondeur qu'il ne faisait espérer au niveau de la galerie d'écoulement, où on l'a fortuitement rencontré au milieu du siècle dernier.

Le filon Saint-Charles a présenté deux particularités intéressantes :

1° Ses affleurements coupent le fond d'un vallon occupé par une couche de glaise assez puissante que recouvre un dépôt tourbeux. On a trouvé dans la glaise, avec des fragments de quartz qu'on aurait dits roulés, des rognons de galène entièrement isolés et carbonatés à la surface. La glaise, nullement mélangée d'ailleurs de fragments de grauwacke, paraissait plus ocreuse au voisinage des rognons de galène.

2° En M, le filon a éprouvé une déviation brusque vers l'ouest, pour suivre la direction des couches, sur 6 mètres de longueur ; à la suite de cet écart, il a regagné obliquement la direction générale.

Cet accident, survenu dans une partie du filon bien caractérisée et même productive, a eu lieu sans étranglement et sans aucun autre changement dans la manière d'être du filon.

Il semble qu'en ce point il a fallu moins d'efforts pour arracher un lambeau de la roche encaissante que pour le couper transversalement, suivant la direction du filon.

Les affleurements du filon Saint-Charles ont fourni quelques échantillons de plomb phosphaté vert, en petits cristaux prismatiques.

Direction complexe du filon principal.

On peut remarquer que la cassure qui a donné lieu à la formation du filon principal, comprend, à elle seule, quatre systèmes principaux de direction, dont deux se trouvent reproduits deux fois, dans le champ des travaux souterrains :

a) Un système tirant fortement vers l'Ouest, à

abstraction faite de la direction absolue. Formulé ainsi et appuyé de deux exemples aussi considérables, ce fait mériterait de fixer l'attention. Néanmoins, sauf la région qui s'étend au S. du puits Sainte-Barbe, il faut reconnaître que les éléments N.-S. des directions correspondantes aux parties productives, ne sont pas accusés d'une manière incontestable et qu'il y a lieu de rechercher, dans les circonstances propres au filon de Poullaouen, quelque relation plus satisfaisante avec l'inégale distribution du minerai qui caractérise ce gîte.

Par analogie avec ce que l'on sait d'autres gîtes métalliques, on peut mettre au nombre des causes d'enrichissement possibles : 1° les variations de nature de la roche encaissante; 2° les croisements de veines.

Je vais examiner successivement ces deux circonstances.

Influence de la roche encaissante.

Il est admis, depuis longtemps, à Poullaouen, que le minerai se trouve dans le corps du filon disposé par bandes inclinées à peu près comme les couches encaissantes. D'un autre côté, il est constant qu'en différents points de l'étendue de la mine, on observe des différences considérables dans la schistosité, la consistance et la ténacité des couches qui appartiennent à la formation de grauwacke.

Mais, on ne connaît pas les limites des couches différentes. Tout ce qu'on sait, d'une manière positive, c'est que ceux des massifs de minerai, dont la disposition en bandes inclinées dans le sens des couches est le plus nettement accusée, ces massifs (que l'on voit sur le profil, *fig.* 7, au Nord

du puits Sainte-Barbe B et des deux côtés du puits Kœnig K) se sont terminés en *mn* et en *pq*, à la rencontre, ou plus exactement au voisinage de schistes noirs sans consistance.

Au puits Kœnig ce *schiste pourri* n'était autre que la faille dont le plan montre la position et dont j'ai fait connaître l'allure plus haut.

D'Aubuisson, qui a eu occasion d'observer la barre schisteuse du puits Sainte-Barbe, à la profondeur du niveau de Beauvoir b_1 b_2... lui a trouvé une puissance de 30 à 40 centimètres, une direction E. 40° S. et une pente d'environ 70° vers le Sud (1). C'est, à quelques degrés près, l'exact signalement de la faille du puits Kœnig.

Il est donc permis de ne voir, dans cette barre, qu'une faille parallèle à celle du Nord.

De cette manière, on se rend compte, en même temps, d'un défaut d'accord qui paraît exister entre les galeries poussées aux mêmes niveaux, au Nord et au Sud de la barre schisteuse de Sainte-Barbe.

Mais, comme dans les 100 mètres de hauteur sur lesquels cette barre est reconnue, le minerai et même les autres caractères du filon n'ont reparu au delà qu'à une distance fort inégale et généralement très-grande, ainsi qu'on le voit sur le profil, il y a lieu de croire que cet accident de terrain coïncide avec la disposition du minerai, sans en être la cause.

A plus forte raison, en est-il de même pour la faille du Nord, qui a nettement coupé le massif métallifère, en plein minerai.

---

(1) Journal des mines, tome 20, p. 371.

C'est donc ailleurs que dans un accident postérieur à la formation du filon, qu'il faut chercher la cause de cette disposition des massifs suivant des pentes peu différentes de celles des couches encaissantes.

On peut se demander d'abord si la présence des failles dont il vient d'être question, ne coïncide pas avec certaines variations appréciables dans la nature de la roche encaissante. A priori cette coïncidence serait admissible, si failles et couches avaient même allure. Mais il ne semble pas qu'il puisse en être ainsi, bien que la direction des failles soit la même que celle des couches qui avoisinent les zones des roches éruptives, situées au nord. D'abord les parties connues du filon se trouvent à une distance très-notable de ces zones; ensuite des observations directes faites au nord et au sud de la faille du puits Kœnig (l'une à 110 mètres, l'autre à 65 mètres de profondeur). Ces observations, indiquées sur le plan, s'accordent pour donner une direction qui a été rapportée ci-dessus et qui ne saurait convenir aux barres de schiste pourri.

Par conséquent ni failles, ni roches éruptives du voisinage ne paraissent pouvoir mettre sur la voie des limites correspondantes aux variétés de grauwacke qui peuvent exister sur le parcours du filon.

Et quand on considère l'extrême irrégularité de forme des massifs métallifères autres que ceux qui ont fixé d'abord notre attention, il semble que, tout en admettant la possibilité de variations notables dans la manière d'être des roches encaissantes, on ne saurait supposer que ces variations correspondent à celles que les massifs métallifères

présentent. Il y a donc lieu de mettre en doute l'influence des roches encaissantes sur l'enrichissement du filon.

Mais ce n'est pas à dire que cette influence soit absolument nulle. En effet, si je ne m'abuse, les différents systèmes de cassure, qui caractérisent le filon principal, paraissent correspondre à une série de zones parallèles, pendant de 40 à 60° vers le Sud, parallèles par conséquent aux couches encaissantes elles-mêmes. Cette disposition, que je trouve très-significative, est mise en évidence dans le diagramme *fig.* 8. Elle ne prouve rien relativement à l'accumulation du minerai en certains points; mais il n'en est pas de même, relativement à l'influence que la manière d'être de la roche a pu exercer sur la direction de la cassure.

Si cette influence directe était admise, une influence indirecte sur l'enrichissement pourrait s'en suivre.

Influence des croisements de veines.

L'influence des croisements de veines sur l'enrichissement du filon semble se manifester d'une manière plus décisive. Sauf le petit massif métallifère situé au Sud du puits Saint-Georges en A (voir le profil, *fig.* 7), je ne connais pas un seul des massifs exploitables du filon de Poullaouen qui ne puisse être considéré comme formé de la réunion de plusieurs veines plus ou moins développées, appartenant soit à un même système, soit à des systèmes de directions différentes. C'est à tel point qu'il est impossible de trouver la place d'une coupe verticale qui donne la pente du filon sur plus de 75 mètres de hauteur, sans comprendre au moins deux veines appartenant au même gîte.

L'exemple le plus frappant de l'existence des veines multiples correspond à la région la plus

riche de l'exploitation de Poullaouen. C'est entre les puits Sainte-Barbe et Saint-Georges, au lieu de rencontre d'au moins trois systèmes de cassures. Ces trois systèmes sont : 1° le filon principal, dont la direction est Nord-Sud, dans ces parages ; 2° un rameau FP, FP, parallèle à Saint-Charles ; 3° une troisième cassure qui dévie vers l'Est, pour aller rejoindre obliquement le filon de la Vieille-Mine.

Peut-être faut-il compter en outre une quatrième coupure, qui paraît avoir laissé quelques traces, mais seulement dans la région supérieure ; je veux parler de la veine de Laboulaye. L'intersection de ces différents systèmes dans un espace aussi restreint, a donné lieu à une complication de cassure, à une sorte d'entrelacement de veines qu'il est difficile de représenter sur une échelle aussi petite que celle du plan. Je tâcherai d'en donner une idée, en disant que les espaces angulaires compris entre les trois systèmes paraissent avoir été fracassés suivant des lignes convergeant, au Nord, vers le filon principal, et que les cassures secondaires ainsi produites ont été d'autant plus multipliées que la roche soumise à ce travail se trouvait plus rapprochée du jour.

La coupe XX (*fig.* 11 de la *Pl. VII*) jointe à l'examen attentif de la région dont il s'agit, achèvera de faire connaître cette disposition singulière.

La principale accumulation de minerai paraît avoir eu lieu à la rencontre du filon principal avec le rameau parallèle au filon Saint-Charles. Il y a même lieu de se demander si l'élément Nord-Sud, que présente le filon principal dans cette région, n'est pas uniquement le résultat de cette rencontre. Cette manière de voir peut se soutenir. Elle rendrait compte, d'une manière assez satisfai-

sante, de la déviation de 100 mètres qu'éprouve le filon principal pour venir rejoindre à l'Est le filon de la Vieille-Mine : elle rectifierait en même temps l'alignement général du filon, qu'on pourrait alors considérer comme étant tout d'une venue, en ne voyant dans la partie la plus importante sous le rapport du produit, qu'une déviation accidentelle, la résultante de deux cassures dirigées, l'une comme le méridien magnétique, l'autre comme le filon Saint-Charles.

Quoi qu'il en soit de cette hypothèse, des accidents aussi considérables sont faits pour mettre de la perturbation dans les effets qui peuvent être dus à d'autres causes, et, quand on se rappelle la relation assez nette qui paraît exister à Huelgoat entre la disposition des massifs métallifères et celle des couches encaissantes ; quand on remarque qu'à Poullaouen, dans toute l'étendue du filon, les limites latérales des massifs exploités ne diffèrent, d'une manière tranchée, de la pente des couches encaissantes que, dans les régions compliquées de veines multiples très-développées, on est porté à admettre qu'en plus d'un point la complication de la cassure a pu, dans cette mine, dissimuler l'influence enrichissante, soit de la direction relative du filon, soit de la nature des roches encaissantes.

D'autre part, il faut reconnaître qu'en voyant le filon principal de Poullaouen, habituellement caractérisé par des veines multiples, d'autant plus nombreuses et plus développées que le minerai est plus abondant, en se rappelant que le filon Saint-Charles n'a donné une quantité appréciable de minerai que dans une région tourmentée et à allure irrégulière, en considérant que les filons de

la Vieille-Mine et de Laboulaye, plus réguliers et plus étendus peut-être que le filon principal, sont à peu près stériles partout où ils sont indépendants d'autres veines, on se demande si la rencontre de plusieurs cassures n'est pas la condition essentielle de la présence du minerai dans les filons du groupe central. Tout ce qu'on peut répondre, c'est que l'influence enrichissante qu'on serait disposé à attribuer aux croisements de veines, paraît être assujettie à certaines conditions, d'où dépend la quantité de l'enrichissement, et qui m'échappent.

Ainsi, à ne tenir compte que de la direction et du nombre des cassures qui concourent en un même point, on trouverait sur le plan, au Sud du puits Kœnig, une région comparable en tout point à la région qui a été si productive aux environs du puits Sainte-Barbe. Les éléments des trois directions principales s'y retrouvent; je les ai indiquées en x, y, z (*fig.* 6). Néanmoins, cette région n'a été que médiocrement riche. Toutefois, l'influence du croisement des trois systèmes de cassure a été assez grande pour avoir donné lieu de part et d'autre à une distribution de minerai complétement semblable. Qu'on remarque en effet l'identité de forme des deux groupes métallifères des puits Sainte-Barbe et Kœnig. Sans compter la Faille, dont le passage au milieu de l'un et de l'autre groupe n'est peut-être qu'accidentel, il n'est pas jusqu'au petit satellite du gros massif de Sainte-Barbe, connu sous le nom de petite colonne (voir le profil, *fig.* 7, en b_2C) qui n'ait son représentant au Nord du massif du puits Kœnig en b_4c. Ces deux groupes ne semblent différer essentiellement qu'en ce que l'un n'est que la miniature de l'autre.

J'en conclurais que ce n'est qu'une condition de quantité qui a manqué à l'enrichissement de ce canton. Il importerait de savoir si cette condition est en rapport, soit avec la nature de la roche encaissante, soit avec la direction de l'élément du filon principal (élément qui diffère notablement au puits Kœnig de ce qu'il est au puits Sainte-Barbe), soit avec quelque autre cause plus secrète encore.

J'ai tâché de fournir quelques matériaux pour cette étude. Il est à désirer que d'autres publications analogues surviennent de différents pays de mine, et jettent quelque jour sur ces questions importantes et si obscures encore.

Je croirais que, pour un sujet pareil, vingt planches analogues aux deux que je donne, apprendraient plus que bien des volumes; car, il ne faut pas se dissimuler le danger des théories ou des idées préconçues, qui peuvent si aisément induire en erreur dans l'observation de faits habituellement complexes, inconstants et difficiles à suivre.

Il est d'autres faits non moins intéressants, et d'un ordre plus saisissable, que le filon de Poullaouen présente plus nettement encore que le filon de Huelgoat, et d'une manière que je jugerais plus concluante. Je veux parler des faits qui se rattachent à l'opinion de la continuité indéfinie du minerai au sein des gîtes.

Rareté du minerai.

Parfaitement reconnu sur une étendue de 1.400 mètres et sur une profondeur de 200 mesurés suivant la pente, le filon de Poullaouen n'a été trouvé exploitable que sur une étendue superficielle de 62.100 mètres carrés.

Dans ce compte, figurent comme simples, les

veines multiples dont les projections sur un même plan se confondent.

Comme la surface de filon reconnu est de 280.000 mètres carrés, on voit que la partie exploitable ne forme que les 22 centièmes, c'est-à-dire moins de 1/4 de l'étendue au milieu de laquelle des travaux d'exploration pouvaient être établis, à priori, avec chance de succès. C'est moins encore qu'à Huelgoat.

Défaut de continuité.

Le profil, *fig.* 7, montre que les parties productives sont non-seulement rares, mais qu'elles se trouvent éparpillées en un grand nombre de petits massifs indépendants, situés à différentes profondeurs et à distances inégales.

Ce défaut de continuité du minerai, bien plus prononcé qu'à la mine de Huelgoat, et la disparition fréquente des caractères du filon dans les parties stériles, ces deux circonstances ont fait croire au prochain épuisement du gîte dès les premiers temps de l'exploitation. Cependant les premiers travaux avaient été ouverts sur la crête de la bande métallifère qui s'étend au Nord du puits Sainte-Barbe. Mais, dans l'intérieur même de cette bande, on a rencontré, en deux ou trois points, des étranglements qui étaient faits pour inspirer des craintes aux personnes qui avaient vu s'éclipser si vite le premier massif de la Vieille-Mine, exploité en VM du plan, *fig.* 6.

Ces craintes se sont renouvelées autant de fois qu'il y a eu de massifs indépendants, ou disposés de manière à pouvoir paraître tels.

Richesse relative en galène des deux filons de Poullaouen et de Huelgoat.

Néanmoins, à égale étendue exploitée, et même d'une manière absolue, le filon de Huelgoat n'a pas produit la moitié autant de galène que le filon principal de Poullaouen. Cela tient : 1° à la

confiance dans le succès de recherches qu'on pourrait vouloir entreprendre dans la profondeur, au-dessous de la limite déduite de la *fig.* 13. Ces préventions se trouvent fortifiées encore, quand on sait qu'au point où les travaux se sont arrêtés, au pied du puits Sainte-Barbe, le minerai et les caractères ordinaires du filon s'étaient amoindris successivement avant de disparaître, et qu'il restait à peine dans la roche une trace confuse de cassure.

Caractères de la galène.

La constitution intime du filon de Poullaouen a été suffisamment indiquée dans les généralités qui précèdent les descriptions particulières. Je me contenterai d'ajouter que la galène de Poullaouen est d'un bleu plus vif que celle de Huelgoat, qu'elle se trouve habituellement en masses lamellaires, confusément cristallisées, au milieu desquelles il est rare de voir ces surfaces planes et miroirantes que la galène présente parfois.

Sa teneur en argent varie de 2 à 5 dix-millièmes : il en est à peu près de même pour la blende brune lamellaire, ou en petits cristaux, qui accompagne fréquemment la galène, particulièrement à la limite des massifs.

On peut dire, d'ailleurs, qu'à Poullaouen la blende est rare dans les cantons riches en galène.

Ce qu'il y a de remarquable dans les variations de teneur en argent, c'est qu'elles ne paraissent pas être sans rapport avec la position des minerais dans le filon. Ainsi l'on dirait que les teneurs les plus élevées sont propres au massif principal et particulièrement à la partie de ce massif que j'ai considérée comme la résultante de deux veines différentes : il semblerait que sur les côtés de ce massif,

au Nord et au Sud, la teneur descend à 3 dix-millièmes, et qu'elle se réduit à 2 et au-dessous, aux extrémités Nord et Sud du filon, en EN et ES du plan.

C'est surtout l'extrémité Sud, connue à Poullaouen, depuis 80 ans, sous le nom de veine Sainte-Élisabeth, qui a donné des teneurs excessivement basses (de 1/2 à 1 dix-millième). Et c'est une question que de savoir si l'élément Nord-Sud du filon qui s'étend, dans ces parages, au Nord et au Sud du filon de la vieille mine, appartient réellement au filon principal, comme je suis disposé à l'admettre.

Affleurements. Le filon de Poullaouen n'a présenté d'affleurements bien caractérisés qu'en Ω et en Π (voir le plan, *fig.* 6, au N. de Sainte-Barbe). Les premiers ont donné lieu à la découverte du filon principal, en 1741. Ils étaient restés inaperçus pendant plus de dix ans d'exploitation suivie dans le voisinage en VM. La nature des seconds n'a été révélée que depuis une dizaine d'années, par suite de l'avancement des travaux dans ces parages. C'est dire que les caractères de ces affleurements sont très-obscurs.

Le minerai a été rencontré en Ω, à une profondeur de 5 mètres, sur la lisière d'une prairie, dans un terrain inculte, dépourvu de terre végétale, rocailleuse et contenant des veinules de quartz incohérentes.

Mais le caractère principal de cet affleurement consistait dans la présence d'une teinte ferrugineuse inégalement prononcée, répandue dans toute la région rocailleuse et quartzeuse, sur une largeur de plusieurs mètres et suivant la direction du filon. Les terres ocreuses, qui restent encore sur les bords

des premières excavations, n'ont donné, à l'essai, que des traces d'argent et même rarement.

Si l'on en excepte quelques échantillons excessivement rares de plomb phosphaté, d'un brun verdâtre, déposé en petits mamelons sur de la galène, on peut dire que, dans le filon principal de Poullaouen, le plomb ne s'est montré qu'à l'état de sulfure. Ce minéral s'y présente quelquefois cristallisé, sous forme d'octaèdres, rarement isolés et complets, mais ordinairement assez gros. On trouve aussi parfois des échantillons cristallisés sous forme de plaques, de lames et même d'aiguilles extrêmement irrégulières. Dans ces différents cas, les clivages offrent des facettes parfaitement planes et éclatantes, tandis que les surfaces sont mates.

Application des principes de la *Géologie appliquée* au filon principal de Poullaouen.

Il est inutile, sans doute, de faire aux filons de Poullaouen l'application des principes contestés de la *Géologie appliquée*, pour en montrer le côté faible. Mais je ne crois pas hors de propos de mentionner deux de ces applications, qui ont été faites pratiquement, à quarante ans d'intervalle, dans le cours du siècle dernier.

Il en est résulté deux ouvrages de recherches, deux puits, qui, tous deux, avant d'être arrivés à terme, ont été abandonnés par suite de la rencontre ultérieure du filon, en dehors de la région où on le cherchait.

Le premier de ces puits avait été ouvert, dès la seconde année de la découverte, à 250 mètres au Sud-Est du point Ω, qui avait donné lieu aux premiers travaux d'exploitation.

La direction Sud-Est, que la partie la plus productive du filon affecte dans ces parages, avait été considérée comme devant s'étendre au loin, et

l'on avait placé, en conséquence, un puits sur lequel on fondait de grandes espérances.

On s'était trompé sur la direction en se hâtant trop de généraliser une direction anormale.

Plus tard, la région dont le point Ω occupe la crête étant reconnue et presque épuisée jusqu'à la profondeur du niveau de Beauvoir, on résolut de créer un nouveau champ d'exploitation à une plus grande profondeur, mais sur la bande métallifère précédemment exploitée. Dans ce but, le puits Saint-Sauveur (dont le nom révèle la confiance de l'ingénieur qui en fit adopter le projet); ce puits fut entrepris pour être poussé à 1000 pieds.

A cette profondeur, il aurait pu, en effet, rencontrer la place du filon; mais sans grand profit, selon toute apparence, si, comme on a lieu de croire maintenant, ce filon ne conserve plus à cette profondeur ses caractères utiles.

Ici, on n'avait fait abstraction que d'une chose, mais d'une chose essentielle, la continuité du minerai. On admettait qu'au Nord et au Sud de la bande exploitée, le minerai pouvait avoir réellement disparu sans espérance de retour; mais on ne doutait nullement de la profondeur. C'est absolument l'un des cas de la *Géologie appliquée.*

Par bonheur, il arriva que le plan auquel l'établissement de ce nouveau puits se rattachait, rendit nécessaire un changement dans la distribution des eaux motrices. Ce changement amena le déplacement des ateliers de préparations mécaniques, et en creusant les bassins destinés à recevoir les sables de nulle valeur, on mit à nu inopinément la crête de cet amas de veines qui a été décrit ci-dessus. L'extrême abondance de minerai que l'on eut ainsi tout d'un coup à sa disposition fit

oublier le premier projet, qui ne fut plus poussé que mollement. C'est pourquoi le puits Saint-Sauveur n'a pas atteint la profondeur pour laquelle il avait été entrepris; ce qui ne laisse pas, du reste, que d'être fâcheux pour la reconnaissance du filon dans ces parages.

Le croiseur de Bouloïe (voir au N. du plan, *fig.* 6), connu sous le nom de *Veines de Pyrites*, paraît être stérile. Il est un peu plus quartzeux peut-être que le filon de la Vieille-Mine, dont il ne diffère pas beaucoup d'ailleurs. Sa direction et sa pente sont les mêmes, à quelques degrés près. On ne remarque pas dans la profondeur cette abondance de pyrites que l'on a probablement rencontrée aux affleurements et qui lui a valu son nom. La puissance de cette veine ne dépasse guère 1 mètre. Croiseur de Bouloïe.

Le croiseur de Bouloïe longe un petit vallon marécageux et amène beaucoup d'eau dans les travaux souterrains. Il coupe le filon principal et paraît le rejeter de quelques décimètres du côté de l'angle aigu.

Les filons de la Vieille-Mine et de Laboulaye qui paraissent être coupés au contraire par le filon principal, donnent pareillement lieu à un rejet de quelques décimètres tout au plus.

On ne possède pas toutes les données désirables pour établir, d'une manière certaine, l'âge relatif des cinq principaux systèmes de cassures qu'on observe dans le groupe de Poullaouen. Il y a incertitude surtout au sujet du filon principal, par rapport à Saint-Charles, au sujet du croiseur de Bouloïe, par rapport à la faille. Age relatif des cinq systèmes de cassures.

L'entrelacement et l'union intime qui existent sur une grande étendue, entre le filon principal et deux veines parallèles, appartenant au sys-

tème de Saint-Charles; cette manière d'être me porterait à regarder ces deux systèmes comme contemporains. Mais, à vrai dire, cette contemporanéité ne peut être relative qu'à l'admission du minerai au sein de la cassure dont l'origine peut remonter d'ailleurs à des époques différentes pour chaque système.

Car lorsqu'on juge l'âge de la cassure d'après l'âge du minerai, on peut se tromper doublement, s'il est vrai que nos filons ont été non-seulement formés à plusieurs reprises, mais qu'ils ont été en outre soumis à des mouvements postérieurs à leur entier remplissage. Il y a alors à distinguer entre l'âge des différentes émissions des substances qui ont rempli les vides laissés par les cassures.

Le filon de la Vieille-Mine, par exemple, paraît être coupé par le filon principal. Mais ce dernier, dans les parages où l'on observe l'intersection, n'est caractérisé que par la présence de la galène. Au mur du filon principal, elle passe d'un filon dans l'autre, sans solution de continuité, de manière qu'on pourrait croire les deux cassures contemporaines. Ce n'est qu'au toit qu'il y a séparation. On en conclut la postériorité du filon principal.

Une intersection pareille est-elle complétement concluante? La solution de continuité ne peut-elle pas être due à un de ces mouvement survenus postérieurement à l'entière formation du filon et dont j'ai prouvé l'existence pour le filon principal?

Toujours est-il que l'absence de la galène au croisement aurait pu suffire pour changer totalement l'âge apparent des deux cassures, attendu qu'au point d'intersection le filon de la

Vieille-Mine est puissant, tandis que le filon principal est assez amoindri pour n'être plus reconnaissable au Sud du croisement, où le minerai manque. C'est peut-être ce qui arrive pour le croiseur de Bouloïe; il coupe nettement le filon principal, au lieu d'être coupé par lui, comme les veines E.-O. du Sud. Mais à la rencontre de ce croiseur, le filon principal, suffisamment caractérisé d'ailleurs, est stérile (comme au niveau de 60 mètres), ou bien il ne contient que quelques rayons de galène clair-semés (comme au niveau de Beauvoir).

Par suite de cette stérilité du filon, les cassures primitives se sont trouvées pour ainsi dire seules en présence, et l'antériorité de la veine E.-O. a été manifeste; il ne s'ensuit nullement que le filon principal venant à s'enrichir dans la profondeur, et le minerai prenant plus de continuité et de puissance, celui-ci ne pénétrera pas au milieu du croiseur de manière à changer l'âge apparent des deux cassures. Je crois que cela peut arriver; il suffit, pour qu'il en soit ainsi, que les caractères du filon principal se trouvent effacés d'un côté du croiseur. C'est pourquoi, je ne serais pas éloigné d'admettre la contemporanéité de toutes nos veines Est-Ouest que je regarderais comme les plus anciennes.

D'après cette manière de voir, la faille ou les failles qui coupent nettement le filon principal et le rejettent de quelques mètres du côté de l'angle aigu; ces failles représenteraient le plus récent des systèmes de cassures.

Comparaison des failles.

Si l'on rapproche les directions des failles de Poullaouen et de Huelgoat, on trouve entre elles une différence fort grande; mais si on compare

tion des cours d'eau. Cette direction Nord-Sud des cours d'eau est particulièrement remarquable au voisinage de l'îlot granitique, où l'on voit un vallon dirigé du Nord-Est au Sud-Ouest, comme le gros des roches éruptives, dévier brusquement, à la rencontre du granite, pour aller reprendre au delà l'alignement général que le soulèvement granitique semble avoir interrompu. On dirait que le granite a surgi potérieurement aux roches amphiboliques.

Les roches éruptives que l'on connaît dans le canton de Plusquellec sont toutes à une distance assez grande du filon.

Ce filon (voir le plan et le profil, *fig.* 14 et 15, *Pl. VII*) a été suivi sur 400 mètres de longueur et 65 mètres de profondeur : dans cette étendue il s'est montré remarquablement régulier, circonstance que les filons de Camblan et de la Vieille-Mine permettent d'attribuer à la disposition de ces différents gîtes dans le sens des couches encaissantes. Cette remarque est à noter comme digne d'être vérifiée pour d'autres gîtes placés dans des circonstances analogues. **Filon de Plusquellec.**

Le filon de Plusquellec passe pour être plus quartzeux que les filons du groupe de Poullaouen, mais ce que l'on voit des anciens déblais donne à croire qu'il l'est beaucoup moins que le filon de Huelgoat.

Comme celui-ci, d'ailleurs, il a une pente extrêmement roide et plonge vers l'E.

On y a rencontré cinq petits massifs de galène inégaux et clair-semés. L'un d'eux, le plus septentrional, reste inconnu au-dessous de la galerie supérieure qui servait à l'écoulement des eaux.

Les autres paraissent avoir été épuisés.

Les travaux de Plusquellec, entrepris en 1739, sont abandonnés depuis 1763.

M. Paillette croit avoir retrouvé des traces de ce filon sur une longueur de 300 mètres au Sud de l'extrémité de la galerie supérieure.

La galène de Plusquellec était peu blendeuse : elle tenait de 5 à 8 dix-millièmes d'argent.

Filon de Carnoët.

Le filon de Carnoët (voir le plan et le profil, *fig.* 16 et 17, *Pl. VII*) est situé à 3.000 mètres environ au sud du filon de Plusquellec, dans une région presque entièrement envahie par les roches éruptives. Le lambeau de schiste, au milieu duquel le filon est reconnu, est comme refoulé par un promontoire amphibolique, au fond d'un V à branches inégales, formé par un épanchement de porphyre quartzifère. La plus grande branche du V n'a pas moins de 6 kilomètres de longueur; sa direction est O. 68° S., l'autre branche se relève de 40° vers le Nord.

Dans une situation pareille, l'allure des couches ne peut être que fort inconstante. M. Paillette a trouvé, pour cette direction, non loin de la mine, Nord 60 à 70° Est, ce qui est à peu près la direction du filon lui-même et en même temps, comme on vient de le voir, la direction de la principale masse de porphyre qui la borne au Sud.

Le filon de Carnoët, exploité bien avant les gîtes du groupe de Poullaouen, est abandonné depuis 1780. On n'a pu le suivre, en allongement, que sur 200 mètres, mais les travaux ont atteint la profondeur de 120 mètres, en plongeant vers le S.-E. Dans cette étendue, on a rencontré trois massifs dont deux se réunissaient dans la région supérieure, ainsi que le montre le profil, *fig.* 17.

Les veines exploitées n'avaient pas une allure

très-régulière : elles étaient sujettes à de fréquentes interruptions.

Ces interruptions se manifestaient à la rencontre de schistes pourris et cessaient au milieu de roches plus consistantes.

Il est difficile de dire si ces schistes pourris représentent des failles ou certaines couches du terrain.

La galène, analogue pour l'aspect à celle de Poullaouen, était associée avec de la blende brune abondante, de la pyrite et du quartz cristallisé. Elle tenait de 3 à 4 dix-millièmes d'argent.

Différentes recherches poursuivies par les anciens sur quelques-unes des veines qu'on rencontre en grand nombre dans les parages de Carnoët et de Plusquellec, ont donné des échantillons de pyrite cuivreuse non argentifère, et des mouches de galène tenant jusqu'à 4 millièmes d'argent.

En résumé, les filons de ce troisième groupe montrent comme ceux des deux autres :

1° Une grande rareté de minerai dans l'étendue de filon exploré;

2° Un défaut de continuité habituel dans la distribution du minerai au sein des gîtes.

On voit, en outre, à la simple vue des différents plans des *Pl. VI* et *VII*, qui sont dessinés sur la même échelle, que ces filons paraissent être sans importance relativement aux deux principaux filons des groupes de Huelgoat et de Poullaouen.

Conclusions.

Si je ne m'abuse pas sur l'importance des données contenues dans cet appendice, elles prouvent surabondamment les deux points que je voulais établir, savoir :

1° Que l'uniformité de direction et de pendage

été apportées d'Allemagne et d'Angleterre d'où vinrent les premiers mineurs de Poullaouen; elles ne sont pas toujours justifiées d'une manière complétement satisfaisante, par les circonstances propres aux différents filons de la concession. On voit, en effet, que la multiplicité des veines du groupe central n'a pas empêché ce groupe d'être le plus important, par l'abondance du minerai, et que, malgré sa direction Nord-Sud, le filon de Plusquellec n'a été qu'un gîte fort médiocre.

Toutefois, au moyen d'une modification légère dans l'expression de ces opinions, on les rendrait admissibles pour la région qui nous occupe. Qu'au lieu de considérer l'orientation absolue des filons, on considère leur direction relativement à celle des roches encaissantes et l'on pourra établir en faits :

1° Que les cassures perpendiculaires aux couches encaissantes sont riches;

2° Qu'au contraire les cassures affectant l'allure de ces couches sont pauvres.

Il y a plus, ces faits étant formulés ainsi, je ne croirais pas impossible d'en trouver une explication plausible dans les conditions qui ont dû résulter de ces différentes manières d'être, par rapport à l'aptitude de la cassure à recevoir le minerai.

Ne considérant que les gîtes analogues à ceux que je viens de décrire, j'admets que cette aptitude dépend, avant tout, d'une certaine continuité et d'une certaine ampleur du vide engendré par la cassure.

Or, ce point admis, on m'accordera, qu'à égalité d'effort, une cassure faite perpendiculaire- Cassure perpendiculaire aux couches.

ment aux couches, sera moins diffuse, à parois plus nettes, plus étendue et plus largement ouverte, qu'une cassure dirigée dans le sens des couches.

Cassure parallèle aux couches.

Celle-ci, en effet, a dû tendre à effeuiller les strates et à se propager, sans suite, dans les parties les moins solidement unies des différents joints, qui ont pu se rencontrer dans l'étendue transversale de la région soumise à l'application de la force.

Cassure oblique par rapport aux couches.

A mon point de vue, si la cassure est oblique par rapport aux couches, l'effet produit doit être intermédiaire entre ceux que je viens d'indiquer. Mais, en outre, je regarderais le vide résultant d'une cassure de ce genre comme plus exposé que tout autre, à se trouver obstrué par les esquilles schisteuses qui peuvent provenir d'un arrachement dirigé suivant une direction peu différente de celle des couches encaissantes.

Cette manière de voir assignerait :

1° Aux filons perpendiculaires aux couches, plus d'unité, plus d'ampleur, des parois plus nettes ;

2° Aux filons obliques, peu de régularité et peu d'ampleur ;

3° Aux filons parallèles aux couches, plus de régularité, mais moins d'unité et de puissance.

Et si l'on supposait que le minerai est venu partout où la place s'est trouvée libre, les axiomes que j'ai rapportés acquerraient un certain degré de probabilité, tous trois dans les limites que je viens de poser (1).

(1) Je ne considère ici que les terrains schisteux : il semble, au contraire, que les terrains compactes, stratifiés en bancs immenses, à la façon des calcaires métal-

Considérations relatives aux pentes.

Je ne me suis pas arrêté aux pentes des différentes cassures que la concession présente, faute d'avoir entrevu une loi qui les réunît.

Tout ce que je puis dire, c'est que, malgré la variété et le nombre des cassures métallifères reconnues dans cet espace, toutes leurs pentes plongent vers la région qui s'étend de l'Est au Sud, comme si ces cassures étaient parallèles aux flancs des massifs granitiques qui les avoisinent. Les failles seules sont en opposition avec cette manière d'être.

M. de Hennezel a remarqué, pour quelques gîtes du Harz et de la Bohême, que le sens du pendage des filons était tel, relativement à la position des couches encaissantes, que les fractures, qui ont produit ces filons, se sont formées du côté où elles approchent le plus d'être normales au plan des couches (1). Cette loi intéressante ne paraît pas être générale. Vraie pour les deux principaux filons de la concession qui se dirigent vers la région du N.O., elle est en défaut pour les filons de la Vieille-Mine et de Saint-Charles, qui se dirigent au contraire vers la région du N. E.

Je ne pense pas qu'il faille voir là le résultat d'une manière d'être accidentelle. On peut remarquer, en effet, que pour une direction intermédiaire entre ces deux systèmes, la direction N.-S. ou plus exactement, pour une direction perpendiculaire à celle des couches, la loi pourrait être satisfaite indifféremment par des penda-

---

lifères du midi de l'Espagne, sont favorablement disposés pour s'ouvrir au minerai suivant leur direction.

(1) Annales des mines, 4e série, t. I, p. 29.

ges inverses. C'est un passage manifeste d'un système de pente au système contraire.

Cette question des pentes reste donc obscure comme toutes les autres.

Il est permis de supposer que la direction des cassures étant déterminée par des causes éloignées et indépendantes, jusqu'à un certain point, de la manière d'être des couches, le pendage peut, au contraire, en dépendre, de manière à donner lieu à la rupture suivant un plan de moindre résistance. Reste à trouver toutes les conditions auxquelles ce plan doit satisfaire.

Dans le cours de cet appendice j'ai soulevé plus d'une question qu'il aurait pu être prudent de n'attaquer qu'à la suite d'études moins restreintes. Mais, comme le but que je me propose en ceci est uniquement de voir la vérité ressortir de publications analogues, que je voudrais provoquer, je n'ai pas craint d'appeler l'attention, à mes risques et périls, sur les points obscurs qu'il importe le plus d'éclaircir dans l'intérêt de la pratique.

ERRATA DE LA VIe LIVRAISON DE 1845.

Page.	Ligne.	
600,	11, en descendant,	*au lieu de :* tuyère, *lisez :* buses.
610,	11, *id.*	*au lieu de* : à l'air chauffé, *lisez* : à l'air.
621,	3, en remontant,	*au lieu de :* moins de 3 fr. la tonne, *lisez :* moins de 30 fr. la tonne.
629,	1, au bas de la page.	*au lieu de :* proviennent des minerais, *lisez :* proviennent de minerais.

ERRATA DE LA Ire LIVRAISON DE 1846.

35,	» au titre,	*au lieu de :* NOTE, *lisez :* NOTES.
40,	6, en descendant,	*au lieu de :* extérieurement, *lisez :* antérieurement.
43,	5, en remontant,	*au lieu de :* un avancement de 0^m,25 environ, *lisez :* un avancement de 0^m,20 environ.
45,	12, en descendant,	*au lieu de :* galerie, *lisez :* galène.
51,	7, en remontant,	*au lieu de :* Le minerai est un mélange de galène et de pyrite riche en argent (2 millièmes au moins), *lisez :* Le minerai est un mélange de galène et de pyrite argentifères (1 millième environ pour la galène, 1/4 de millième au moins pour la pyrite).
57,	12, en descendant,	*au lieu de :* 60 mètres, *lisez :* 60 centimètres.
60,	15, en remontant,	*au lieu de :* et qu'on peut considérer... *lisez* : on peut considérer...
64,	8, en descendant,	*au lieu de :* paraît au jour, *lisez :* paraissait au jour.
65,	6, *id.*	*au lieu de :* affaires des mines, *lisez* : affaires de mines.
67,	13, *id.*	*au lieu de :* production du Pérou, *lisez :* production annuelle du Pérou.
73,	5, en remontant,	*au lieu de :* ne doit pas coûter 100 f., *lisez :* ne doit pas coûter 200 f.

MÉMOIRE

Sur la houillère, les mines et l'usine à zinc de Stolberg (Prusse rhénane).

Par M. RIVOT, aspirant-ingénieur des mines.

Stolberg est situé dans la Prusse rhénane, à dix kilomètres d'Aix-la-Chapelle, sur les bords de la Vicht, qui coule du S.-S.-O. au N.-N.-E. dans une vallée assez étroite du terrain houiller. A peu près au milieu de la ville, et sur une montagne qui la domine, se trouve l'usine à zinc de la société de Sassenay et C[ie]. Sur trois collines voisines sont bâties trois églises affectées à des cultes différents. Non loin de l'usine s'élève, sur un escarpement calcaire, le château de Stolberg, qui fut, d'après la tradition, un rendez-vous de chasse de Charlemagne. Stolberg.

Stolberg doit son importance à des protestants expulsés de France par le fanatisme religieux. Ils vinrent d'abord à Aix-la-Chapelle, mais ils ne purent y résider longtemps. Chassés de nouveau, ils trouvèrent enfin à Stolberg sécurité pour leur foi religieuse et avantages pour leur industrie.

La ville compte trois mille habitants, des fabriques de laiton, des manufactures de draps, des usines à zinc.

Les fabriques de laiton (1), jadis nombreuses et

(1) Quelques-unes des fabriques qui subsistent encore datent de plus de deux siècles et n'ont pas notablement changé leurs procédés.

florissantes, déclinent lentement. Le laiton est encore étiré en fils, laminé en feuilles, travaillé au martinet. Le moteur de toutes ces fabriques est un faible ruisseau qu'on utilise au moyen de roues fort grossières.

Longtemps le zinc fut tiré des Indes à grands frais de transport; plus tard les Stolbergeois firent servir la calamine à la fabrication du laiton. Ils se la procurèrent en exploitant les immenses amas de Diepelinchen, ceux moins étendus de Herrnberg, Saint-Severin, Wolsgrube, etc., jusqu'à la profondeur à laquelle les eaux devinrent trop abondantes pour leurs procédés d'épuisement.

Il faut remarquer ici que la galène qui accompagne constamment la calamine a été le but primitif et souvent principal des travaux fort étendus qui ont été faits dans ces différentes localités.

Les manufactures de draps occupent encore un assez grand nombre d'ouvriers. Une bonne partie de l'activité qui se remarque à Stolberg est due au développement rapide que la compagnie française a su donner à la production du zinc et à l'exploitation de la houille. Cette compagnie s'est constituée récemment en société anonyme, au capital de plus de 8 millions. Cette société possède :

1° La houillère connue sous le nom de James-Grube, située à Stolberg même;

2° L'usine Saint-Henri, à Stolberg; elle comprend cinquante-quatre fours silésiens et un laminoir;

3° Une petite usine de quatre fours avec leurs dépendances, au lieu dit Steinfürtchen, près du chemin de fer de Cologne;

4° Des concessions de calamine, plomb, fer,

lignites, connues sous les noms de Herrnberg, Glücksberg, etc.;

5° Des parts et droits d'exploitation dans les concessions de Diepelinchen, Breinigerberg, etc., situées comme les précédentes dans le rayon administratif de la régence d'Aix-la-Chapelle.

L'ensemble de ces concessions embrasse une superficie de 11.000 hectares.

Je diviserai ce mémoire en trois parties:

La première sera consacrée à l'exploitation de la houille;

La seconde au gisement et à l'exploitation de la calamine;

Dans la troisième je décrirai la fabrication du zinc.

PREMIÈRE PARTIE. — Exploitation de la houille.

Le terrain houiller se présente aux environs d'Aix-la-Chapelle vers le Nord et vers le Sud-Est. Au Nord on distingue le bassin de la Worm ou de Rolduc; à l'Est se trouvent le bassin de Stolberg et d'Eschweiler. Ces deux bassins sont séparés par des bandes étroites et alternantes de grauwacke et de calcaire carbonifère. Vers le Nord et vers l'Ouest, le terrain houiller s'enfonce sous des formations plus modernes, des calcaires et des alluvions.

Le bassin de Rolduc présente des couches de houille nombreuses et plissées régulièrement, comme celle des bassins de la Belgique. La nature de la houille est assez mauvaise et quelques couches seulement donnent de bon charbon. Sa surface est divisée en dix-huit concessions.

Le bassin de Stolberg s'étend du Sud-Ouest au

Nord-Est; vers le Sud il est limité par la Grauwacke. Ainsi que l'indique la carte géologique (*Pl. VIII*, *fig.* 1), la partie Sud-Ouest de ce bassin ne présente que des bandes étroites, formant des bassins partiels, étranglés et parallèles, séparés par de petites collines de calcaire carbonifère. Ils ne contiennent que des veinules de houille. La partie Nord-Est est au contraire assez riche en veines exploitables, principalement vers Eschweiler.

Les minerais métalliques, la galène, l'oxyde de fer, la calamine, forment des filons, des amas plus ou moins puissants à la séparation du terrain houiller et du calcaire carbonifère. Ils répondent à des bouleversements considérables du calcaire, dirigés du Sud au Nord.

Concession de houille de Stolberg.

La concession de houille (1) que possède maintenant la société anonyme des mines et fonderies de zinc de Stolberg, embrasse une superficie de 250 hectares.

Les affleurements des couches peu nombreuses forment une série d'arcs concentriques, dont l'ouverture est dirigée vers Eschweiler; et une suite de coupes verticales du nord au sud donne des arcs de plus en plus profonds, à mesure que les plans de coupe se rapprochent d'Eschweiler. Vers le sud le terrain houiller a été fortement bouleversé, brisé et redressé au delà de la verticale. Cet effet a été mis en évidence par les travaux faits au bure Amalia (*Pl. VIII*, *fig.* 3). La largeur du bassin, à Amalia, ne dépasse pas

(1) Cette concession appartenait à J. Cockerill. Elle a été vendue par ses héritiers à la compagnie de Sassenay pour 1.350.000 francs.

600 mètres, et l'inclinaison des couches vers ses bords varie de 7 à 10 degrés. Elle augmente vers Eschweiler.

Les schistes argileux, peu feuilletés, assez durs, d'une couleur grise foncée, constituent la majeure partie du terrain. Les travaux d'exploitation ont rencontré quelques couches de poudingues à pâte siliceuse, à fragments de quartz blanc, roulés et d'un petit volume; des grès à grains fins, siliceux, passant souvent aux poudingues. Ces grès sont extrêmement durs, et il a fallu, pour percer une galerie à travers un banc de grès, écailler le front de la galerie à coups de marteau; les fleurets d'acier fondu ne pouvaient pas pénétrer dans la roche. Constitution du terrain.

Les grès les plus durs sont à la partie inférieure du terrain houiller. C'est au moins ce qu'ont indiqué les travaux des mines de houille d'Eschweiler. A Stolberg, on a évité le plus possible de percer ces grès, d'abord à cause de leur dureté, et principalement parce qu'en les traversant on eût amené des eaux abondantes dans les travaux. En effet, au-dessous des grès sont des couches perméables sur lesquelles coule le ruisseau, dont le niveau atteint même les affleurements des grès dans la saison des pluies.

Les schistes renferment de nombreuses empreintes de végétaux, fort rares au contraire dans les grès.

Les travaux d'exploitation ont fait connaître six couches, dont la disposition est indiquée dans les deux coupes passant par les bures James et Amalia (*Pl. VIII*, *fig.* 2 et 3). Trois seulement sont exploitables. Couches de houille.

La plus puissante, dite Gross-Kohl, a de 0m,70

à $0^m,90$ d'épaisseur : elle est divisée en deux veines par un lit de schistes noirs de quelques centimètres. La veine supérieure a $0^m,25$; elle donne un charbon très-friable. La veine inférieure est plus puissante et son charbon plus dur; elle donne 10 p. o/o de gros.

La houille de Gross-Kohl est de l'espèce demi-grasse, très-flambante et peu pyriteuse.

La seconde couche en remontant est Spliss, puissante de $0^m,30$ à $0^m,35$. Elle est séparée de Gross-Kohl par 5 lachter ($10^m,40$) de schistes : elle ne peut fournir que du charbon menu et de qualité inférieure, étant divisée en trois veines par deux lits fort minces d'argile.

La troisième couche, Eule, séparée de Spliss par 27 mètres de schistes et grès, a une puissance variable de $0^m,31$ à $0^m,37$, sans lit d'argile. Cette houille est assez dure, de bonne qualité, demi-grasse : le procédé d'abattage par havage sous la couche permet d'obtenir une assez forte proportion de gros.

Les quatrième et cinquième couches, Jülliche et Breitgang, n'ont que quelques pouces de puissance et sont inexploitables. Il en est de même de la sixième couche, Klein-Kohl, reconnue au-dessous de Gross-Kohl.

Failles. Le terrain est coupé par plusieurs failles : la plus importante, à peu près au centre de la concession, est dirigée du Sud au Nord magnétique et plonge vers l'Ouest sous un angle d'environ 75°. Cette fente a été accompagnée d'un glissement du toit sur le mur. Le toit, ou la partie située à l'ouest, a été abaissé de 60 mètres. Sans cet accident, une bonne partie des couches se trouverait à une plus grande profondeur, mais on aurait

peut-être dans la partie est du bassin de la James-Grube quelques-unes des couches exploitées à Eschweiler, et qui sont supérieures à celles de Stolberg.

Il est à remarquer que la direction de cette faille est à peu près celle de plusieurs vallées étroites des environs; et des bouleversements du terrain anthraxifère, auxquels correspondent presque tous les amas zincifères de la Prusse rhénane et de la Belgique.

La houille a été exploitée fort anciennement aux affleurements, par des puits très-voisins, et de la même manière que les amas de minerais de plomb et de zinc. Ce système est encore suivi en Belgique, près de Charleroy, pour l'exploitation du minerai de fer.

La concession de la houillère a été primitivement accordée à des particuliers par Napoléon : les Prussiens, devenus les maîtres du pays, ont maintenu la concession. Toutefois, les travaux d'exploitation n'ont été poussés activement que depuis quelques années par J. Cockerill, et maintenant par la société française.

Deux puits servent à l'extraction : James, près de la grande verrerie belge, profond de 56 lachter ou 117 mètres; Amalia (à 780 mètres à l'Ouest de James), profond de 42 lachter = $87^{m},35$. Puits.

Deux autres puits sont affectés à l'épuisement. Sur le plus ancien, bure Caroline, est placée une machine à vapeur à double effet et à balancier, de la force de 80 chevaux; elle ne sert plus maintenant que comme machine de secours. L'épuisement se fait ordinairement par le puits Welsheim, profond de 84 lachter = $175^{m},56$, sur lequel

J. Cockerill a établi une belle machine à vapeur à cataracte, de la force de 300 chevaux.

L'aérage est déterminé dans les deux exploitations par un puits spécial (entre James et Amalia), au fond duquel est un foyer.

Les trois couches, Gross-Kohl, Eule, Spliss, sont exploitées de la même manière à James et à Amalia.

Mode d'exploitation dans Gross-kohl.

Le bas du puits d'extraction est dans la couche dite Gross-Kohl, dans laquelle on descend par une voie inclinée suivant la pente. C'est par cette voie que les chariots de houille montent jusqu'au puits. Cette voie principale est garantie par deux massifs de houille de 6 lachter (12^m,48), réservés de part et d'autre. La couche est divisée en étages d'exploitation par des galeries horizontales, servant de voies principales de roulage ou voies de fond des différents étages, distantes de 56 lachter (117 mètres) à James et 42 lachter (87^m,35) à Amalia. A chacune de ces galeries répond dans la voie inclinée une plate-forme horizontale facilitant la manœuvre des chariots.

Les étages sont exploités symétriquement par rapport à la voie inclinée principale. Chacun des deux massifs d'un étage est divisé successivement et en descendant en piliers longs par des galeries horizontales.

Ces galeries partent de deux voies montantes secondaires, distantes de 6 lachter (12^m,48) de la voie inclinée principale, et s'étendent dans la couche à une distance d'environ 300 mètres. Elles sont mises en communication par des cheminées d'aérage, autant que cela est nécessaire. Dès qu'une galerie est terminée, on commence le dépilage du pilier supérieur; on l'attaque en remontant par

fronts de taille horizontaux et en revenant vers la voie principale. On laisse ébouler le toit à une petite distance du dépilage.

Ainsi, pour chaque étage et pour l'ensemble de l'exploitation on descend dans la couche, et pour chaque pilier on abat la houille en remontant.

Par cette méthode, on travaille à plusieurs étages et à plusieurs piliers d'un même étage, en ayant soin de ne pas laisser un pilier non abattu entre deux piliers enlevés.

Pour éviter de monter au jour les déblais provenant du percement des galeries de roulage, on enlève la houille sur une largeur double de celle que doit avoir la galerie, et on emploie les déblais à remblayer l'excès de houille abattue.

Mode d'exploitation des petites couches.

Le mode d'exploitation est nécessairement un peu différent dans les couches peu puissantes, Eule et Spliss : il se rapproche beaucoup de celui qui est suivi dans le bassin de Liége (1). La couche est encore divisée en étages par des galeries horizontales servant de voies principales de roulage pour les étages respectivement supérieurs, et chaque étage en deux massifs par une voie montante suivant la pente, garantie par six lachter de houille réservée.

Chaque étage est mis en communication avec la voie montante de roulage dans Gross-Kohl, par une galerie à travers bancs, horizontale ou inclinée, disposée pour le roulage. Chacun des deux massifs d'un étage est attaqué par gradins droits de six lachters et en remontant. Chaque gradin est compris entre deux galeries de roulage, dont

(1) On exploite avec profit, dans le bassin de Liége, des couches de houille de 8 pouces ($0^m,20$) d'épaisseur.

les fronts sont toujours un peu en avance sur le gradin. Les pierres provenant du percement de la galerie supérieure servent à remblayer complétement le pilier. On calcule les dimensions des galeries de manière à ce que le cube des déblais obtenus en attaquant le mur et dans le percement des galeries à travers bancs, soit précisément égal au volume massif de la houille enlevée.

Les étages ont 36 lachters (74^m,88) et comprennent douze gradins, qui sont desservis par un plan automoteur établi dans la voie montante.

La voie horizontale inférieure de chaque étage est seule prolongée jusqu'aux limites latérales du champ d'exploitation. Les galeries auxiliaires, qui séparent les piliers ou gradins, n'ont que 60 lachter (124^m,80).

A cette distance de la voie montante, on établit un nouveau plan automoteur, par lequel la houille descend à la voie de fond de l'étage. L'expérience a indiqué qu'avec une exploitation active et des remblais faits avec soin, les galeries peuvent se maintenir sans aucune réparation jusqu'à cette longueur de 60 lachter (124^m,80).

Trois étages sont maintenant en exploitation dans chacune des trois couches et dans les deux mines, à James et à Amalia.

Je donnerai quelques détails sur les différentes parties de l'exploitation.

Voies de roulage. Dans les galeries horizontales servant au roulage, on attaque toujours le mur, afin de pouvoir placer le chemin de fer et donner aux galeries la hauteur suffisante pour le passage des chariots, qui conduisent la houille jusqu'au jour. On a soin de ne pas toucher au toit, afin de lui conserver toute

sa solidité. La largeur des galeries suivant la pente de la couche varie de 1m,25 à 1m,40.

Bien que le toit soit assez solide, il est nécessaire de boiser les galeries; mais ces boisages sont peu dispendieux.

Des chemins de fer sont établis sur le sol de ces galeries. Ils sont composés de traverses distantes de 0m,60 à 0m,70, dans lesquelles sont fixées, par des coins de bois, des bandes de fer rectangulaires. La section de ces rails a 0m,015 sur 0m,06; la largeur de la voie est 0m,50. Les jantes des roues des chariots sont armées de deux rebords ou mentonnets, l'un intérieur, l'autre extérieur au rail. Cette disposition est assez bonne, en ce sens que les déraillements sont rares, mais les bandes de fer fatiguent beaucoup.

Les galeries à travers bancs, horizontales ou inclinées, ont 1m,25 de hauteur et de largeur. Ordinairement, le terrain est assez dur pour qu'on n'ait pas besoin de boisages.

Les déblais provenant de ces voies de roulage servent à remblayer les petites couches; la roche augmente beaucoup de volume dans l'abatage; ainsi, un mètre cube de grès en place donne 1m.cub.,75 de déblais.

Pour les galeries dans Gross-Kohl, on évite le transport des déblais par une disposition que j'ai déjà indiquée, et qui consiste à enlever la houille sur une largeur double de celle que doit avoir la galerie, et à employer les déblais de la galerie à remblayer latéralement. Malgré cette disposition, les déblais sont quelque fois en excès; alors on les emploie à remblayer la couche Gross-Kohl aux points où la solidité du toit s'oppose à des éboulements partiels.

Plans automoteurs. Les plans inclinés automoteurs, établis en différents points de l'exploitation, n'offrent aucune disposition spéciale : ils ont tous deux voies de fer distinctes.

Plan incliné principal. Le plan incliné principal qui répond au bas de chacun des deux puits d'extraction, dans Gross-Kohl, a 2 mètres de largeur et 1^{m},50 de hauteur verticale.

Il est divisé en trois parties d'une longueur égale à la profondeur du puits, par deux plates-formes qui répondent aux voies de fond des trois étages en exploitation. On prépare une quatrième partie pour un nouvel étage.

Les plates-formes sont recouvertes de plaques de fonte horizontales, qui rendent facile la manœuvre des chariots. Sur les parties inclinées sont établis des chemins de fer à une seule voie, pareils à ceux des galeries horizontales.

Mode de payement des ouvriers. Tous les travaux dans les galeries sont payés aux ouvriers à prix fait; les prix par lachter d'avancement sont débattus à l'avance, et varient avec la difficulté d'abattre la houille et d'entailler le mur, ou la dureté de la roche dans les galeries à travers bancs.

Au front d'une galerie, on place ordinairement deux hommes, un piqueur et son aide. Ils doivent placer les bois, qui leur sont amenés par les rouleurs; mais ils ne posent pas les chemins de fer. Ce dernier travail est fait par des hommes spéciaux. L'administration vend aux ouvriers la poudre et les étoupilles ou fusées de sûreté (1), mais elle leur fournit l'huile, les outils et les réparations.

---

(1) Les étoupilles sont fabriquées à Cologne; elles coûtent à Stolberg 1 franc le bout de 11^{m},25. M. Malis-

Les postes sont de huit heures, et il n'y a que deux postes par jour.

Pour les galeries de roulage, dans Gross-Kohl, les prix payés aux ouvriers ne varient pas beaucoup.

En général, les deux hommes peuvent avancer dans un poste de $2^{m},08$ à $1^{m},25$, et reçoivent de $2^{f},30$ à $3^{f},70$ par mètre d'avancement.

Les chemins de fer ne reviennent pas à plus de 4 fr. par mètre courant de galerie.

Dans Gross-Kohl, les piliers sont préparés par des galeries horizontales, jusqu'aux limites du champ d'exploitation : elles ont environ 300 mètres de longueur. On dépile en revenant vers la voie de roulage inclinée. Les piliers ont 6 lachter ($12^{m},48$) de hauteur et sont attaqués par quatre hommes, qui avancent horizontalement et en disposant le front de taille en gradins. Les mineurs mettent à profit le lit d'argile, au milieu de la couche, pour haver sous la veine supérieure; ils enlèvent au pic la veine inférieure. Le toit est d'abord soutenu par des étançons, qu'on enlève souvent ensuite pour déterminer l'éboulement du toit. Dépilage.

L'abatage de la houille est très-facile; dans un poste de huit heures, un homme peut mettre à nu une surface de 55 pieds carrés ou $5^{m.car.},515$; le volume correspondant de la houille en massif est de 5 mètres cubes. Ce travail est payé 18 gros ou $2^{f},25$, soit $0^{f},45$ par mètre cube.

Dans les petites couches, Eule et Spliss, le dé-

---

sart, directeur de la houillère, m'a affirmé que leur emploi avait permis d'économiser 1/10 environ de la poudre. Les fleurets en acier fondu, dont on se sert exclusivement, sont également achetés à Cologne. Les pics, dont la pointe est en acier fondu, sont fabriqués dans les forges de la houillère.

poulie en fonte de $0^m,40$ de diamètre. L'autre câble ne sert que pour le puits.

Chaque puits est divisé en deux compartiments, l'un pour les échelles, l'autre pour l'extraction. Ce dernier a $1^m,50$ de largeur et une longueur égale.

Câbles. Les câbles sont ronds et en fils de fer de $0^m,0022$ de diamètre, sans âmes en chanvre. Chacun est formé de six torons de 16 fils. A Amalia, les longueurs des deux câbles sont de 110 mètres et 200 mètres; à James 140 mètres et 267 mètres. Les câbles sont usés très-rapidement; ceux qui servent pour les plans inclinés ne durent pas plus de cinq mois; les autres de huit mois à un an.

Personnel. Pour chaque puits, il faut: un homme à chacune des plates-formes du plan incliné; deux hommes au bas du puits: deux hommes en haut, au jour.

Manœuvre. Trois chariots sont à la fois en mouvement sur le plan incliné; ils sont réunis entre eux par des câbles partiels en fils de fer, d'une longueur égale à la profondeur du puits. En arrière de chaque chariot est accrochée une béquille qui traîne sur le sol quand le chariot monte, mais le retiendrait dans le cas où le câble viendrait à casser.

Quand les trois chariots pleins de houille sont montés sur le plan incliné, un chariot vide descend dans le puits; quand ce dernier est arrivé au bas, les trois premiers se trouvent au bas du puits, à la première et à la seconde plate-forme. Tous les chariots sont décrochés des câbles: le premier chariot plein est accroché au câble du puits, tandis que les deux autres sont mis de côté sur les plates-formes. Tous les trois sont remplacés par des chariots vides, et le mouvement commence inverse du premier; les chariots vides du plan in-

cliné descendent chacun d'un étage et le chariot plein monte en haut du puits. La différence des diamètres des tambours sur lesquels sont enroulés les câbles, a pour but de racheter la longueur d'une plate-forme et de la chambre de chargement au bas du puits, car la longueur absolue d'un étage est égale à la profondeur du puits.

Plusieurs ingénieurs ont blâmé ce mode d'extraction. Il a l'inconvénient d'exiger beaucoup de main-d'œuvre et d'abîmer très-rapidement les câbles en fer, mais il a été impossible de faire différemment. Les grès extrêmement durs, sous Gross-Kohl, et les eaux abondantes que les travaux auraient rencontrées au-dessous des grès, sont des obstacles qu'on a eu raison d'éviter.

Le chariot plein de houille, arrivant au jour, est reçu sur une plate-forme mobile en bois qui vient recouvrir le puits en roulant sur des rails inclinés, dès que le chariot a dépassé l'orifice. Il est décroché et conduit à la place de dépôt de la houille, sur des voies de fer un peu élevées au-dessus de cette place. On le fait basculer au moyen d'un levier et la houille sort par la face antérieure. A James, on extrait, en moyenne, 2.500 scheffel, soit 1.250 quintaux métriques de houille par jour; à Amalia, environ 1.500 scheffel ou 750 quintaux. Cette extraction sera bientôt beaucoup augmentée, quand les nouveaux étages inférieurs seront préparés et qu'on aura pu réunir un nombre suffisant de mineurs.

La houille de Stolberg est préférée pour les forges à celle d'Eschweiler, et souvent le charbon est vendu avant d'avoir été amené au jour.

L'effet utile des câbles n'est pas très-grand. Câbles.
Ainsi, à James, un câble dure dix mois et monte

au jour 30.000 tonnes métriques de houille d'une profondeur de 117 mètres, et, à Amalia, le câble n'élève que 15.000 tonnes d'une profondeur de 88 mètres. A ce dernier puits, la somme des sections des fils du câble est de $0^{m.car.}$,0003485; la charge soulevée, en y comprenant le poids du chariot, est de 11.000 kil.; par suite, la charge moyenne par millimètre carré, de 3^{k},18. La vitesse du mouvement est de 0^{m},60 par seconde. L'effet utile du câble d'Amalia est seulement le quart de celui des câbles plats en fils de fer de la houillère Guley, dans le bassin de la Worm. Ces derniers câbles sont à âmes en chanvre et graissés avec grand soin. La somme des sections des fils est de $0^{m.car.}$,0002448, et la charge moyenne, par millimètre carré de section, de 3^{k},72. La vitesse par seconde, dans le puits, atteint souvent 1 mètre. Ces câbles durent jusqu'à quatre ans, mais chacun n'élève pendant ce temps que 26.000 à 30.000 tonnes métriques d'une profondeur de 180 mètres.

On ne peut pas conclure de ces nombres la supériorité des câbles plats sur les câbles ronds, mais seulement que le frottement d'un câble en fer sur une molette en fonte d'un diamètre assez petit et non garnie de chanvre (1), et la répétition fréquente des mouvements alternatifs, résultant d'une extraction active et d'une faible profondeur du puits, sont des causes énergiques de détérioration rapide du câble.

(1) A Guley, les molettes ont 2 mètres de diamètre et leurs gorges sont couvertes d'un bout de câble plat en chanvre. Les câbles de Guley sont décrits dans le Traité d'exploitation de M. Ch. Combes.

La mine ne donne pas d'hydrogène carboné, aussi les ouvriers emploient les lampes ordinaires; mais les vieux travaux dégagent de l'acide carbonique, ce qui nécessite un aérage actif. Aérage.

L'air entre par les bures d'extraction James et Amalia, puis, par les plans inclinés, il pénètre dans les différents étages par les voies de fond, et remonte en suivant les fronts de taille; il suit par conséquent la marche inverse du roulage; il sort enfin par un puits spécial placé entre James et Amalia, et mis en communication avec les différents étages par des voies montantes.

Ce puits a $1^{m},50$ de diamètre et $83^{m},20$ de profondeur. Il est circulaire et entièrement muraillé en briques : à la surface il est surmonté d'une cheminée de 7 à 8 mètres. Au fond du puits est établi un foyer destiné à activer l'aérage. Le foyer est entretenu par un homme qui exploite dans les massifs voisins la houille nécessaire au foyer. La quantité n'en a jamais été mesurée, non plus que la température de l'air sortant. Cette température ne dépasse pas 30° et le volume d'air qui entre dans la mine n'est pas supérieur à $1^{m. cub.},50$ par seconde.

L'ancienne machine de la force de 80 chevaux, établie sur la bure Caroline, ne sert maintenant que de machine de secours. Elle fait mouvoir cinq pompes foulantes de $0^{m},338$ de diamètre. La machine à double effet et à balancier, agit pour soulever la maîtresse tige, qui retombe ensuite et fait monter l'eau par son excès de poids. Le nombre de coups de piston peut aller jusqu'à 12 par minute, et la machine faire monter 2 mètres cubes d'eau d'une profondeur de 162 mè- Épuisement.

tres. La consommation de houille est au maximum de 60 quintaux en vingt-quatre heures.

Le puits Welsheim sert ordinairement seul à l'épuisement des eaux des deux exploitations. Les eaux sont réunies dans de longues galeries dans Gross-Kohl.

Ce puits est carré, très-solidement boisé, et contient six pompes équidistantes à clapets en cuir. Leur diamètre est de $0^m,47$, et la levée des pistons de $2^m,05$.

La maîtresse-tige est en chêne, de $0^m,32$ d'équarrissage. Son poids n'étant pas assez considérable, on a été obligé d'attacher à son extrémité supérieure une caisse et des gueuses en fonte pesant 1.400 kil.

La disposition des rouleaux en bois pour diriger la maîtresse tige, et des moises pour la retenir en cas de rupture, ne présente rien de particulier. Ces moises sont très-solides : dernièrement elles ont retenu la maîtresse tige détachée du balancier de la machine par suite de la rupture des écrous d'assemblage, et tombant d'une hauteur de près de 2 mètres.

Voûtes en bois. Les bâches et les pompes sont soutenues dans le puits par des voûtes surbaissées, dont les voussoirs sont en bois de chêne. Leur disposition est indiquée dans les *fig.* 4, 5 et 6 (*Pl. VIII*). Dans les schistes, les voussoirs extrêmes sont appuyés contre la roche; dans les terrains moins solides la voûte porte sur les côtés opposés d'un cadre rectangulaire, fortifié par des armatures en fer parallèles à la poussée.

Ces voûtes sont très-solides, et peut-être coûtent-elles moins que tout autre système, parce

qu'on peut employer pour leur construction des bouts d'arbres de peu de longueur, plus faciles à trouver et moins chers que de longues et fortes poutres bien saines.

La machine à vapeur qui soulève la maîtresse-tige, est à simple effet, à balancier et à cataracte à air, de la force de 300 chevaux. Machine à cataracte.

Le cylindre en fonte a 1m,872 de diamètre; la levée du piston est de 3 mètres. Un balancier double, en fonte, pesant 15.000 kil., transmet le mouvement de la tige du piston à la maîtresse-tige des pompes.

La vapeur, à la pression de 0m,78 de mercure, est fournie par trois chaudières à tombeau, dont deux seulement sont en feu en même temps.

Le nombre des levées de la maîtresse-tige peut aller jusqu'à dix par minute. La vapeur agit sur la base supérieure du piston de la machine, tandis que la partie inférieure du cylindre communique avec le condenseur : la maîtresse-tige est soulevée. Vers la fin du mouvement l'admission de vapeur est fermée, ainsi que la communication avec le condenseur, et la vapeur contenue dans le cylindre agit également sur les deux faces du piston; cet état d'équilibre permet à la maîtresse-tige de descendre et de faire monter l'eau par son excès de poids. A la fin de la levée du piston, les deux parties du cylindre sont de nouveau isolées, la vapeur est admise à la partie supérieure, et la partie inférieure communique avec le condenseur. Ces différents états sont déterminés par trois soupapes coniques liées par des leviers à trois axes horizontaux parallèles, dont deux portent des manettes courbes. Ces manettes sont manœuvrées par des taquets fixés à la tige de la pompe à air, dont le

mouvement est parallèle à celui de la tige du piston, et par des contre-poids qui maintiennent les axes et les soupapes dans des positions déterminées. Les mouvements sont régularisés par une cataracte à air; elle consiste en un cylindre en fonte, dans lequel se meut un piston soulevé par un taquet fixé à la tige de la pompe alimentaire. Dans le mouvement ascensionnel le cylindre se remplit d'air qui entre par une soupape latérale. Pendant que la maîtresse-tige descend et fait monter l'eau, le piston de la cataracte descend librement; son mouvement, que tend à accélérer un poids dont il est chargé, est ralenti par la résistance de l'air contenu dans le cylindre, et qui ne peut sortir que par un robinet inférieur, dont on peut à volonté faire varier l'ouverture. La tige du piston de la cataracte agit sur l'axe de la soupape d'équilibre. Cette soupape reste ouverte jusqu'à ce que le piston de la cataracte soit arrivé au bas du cylindre; en ce moment l'axe obéit à son contre-poids et ferme la soupape, en dégageant les deux autres axes, dont les contre-poids tendent à maintenir les soupapes ouvertes, mais qui étaient maintenus par des roues d'arrêt fixées aux extrémités des trois axes. La vapeur peut alors agir pour relever la maîtresse-tige jusqu'à ce que les taquets de la tige de la pompe à air viennent agir sur les manettes, ouvrir l'équilibre et réengager les cames d'arrêt, en fermant l'admission et le condenseur. La maîtresse-tige descend alors, et le piston de la cataracte, soulevé d'abord jusqu'à une certaine hauteur, redescend ensuite plus lentement que la maîtresse-tige.

La cataracte régularise le mouvement en maintenant la soupape d'équilibre ouverte pendant un

temps constant, mais qu'on peut diminuer ou augmenter en faisant varier l'ouverture du robinet de sortie de l'air. Cette cataracte est moins bonne que les cataractes à eau. Les fuites d'air sont fréquentes, et l'attention du mécanicien doit être constante.

L'eau est élevée d'une profondeur de 175 mètres. Une grande partie sert au condenseur et aux chaudières. Le volume d'eau élevée est ordinairement de $3^{\text{m. cub.}}$,50 par minute. Ce travail répond à une force utile de 136 chevaux et à 6 levées par minute. Les chaudières consomment en vingt-quatre heures 150 scheffel ou 75 quintaux métriques, ou 2^{k},30 par cheval utile et par heure. C'est une consommation assez faible; la houille brûlée est du menu de qualité inférieure, et la machine ne travaille qu'à la moitié de sa puissance.

Personnel. — L'administration comprend :

1 directeur ou ingénieur de la houillère;

2 commis principaux et 2 commis en sous-ordre;

1 steiger, maître mineur;

Le nombre de ouvriers est de 450.

Considérations économiques. — L'usine consomme environ le tiers de la houille extraite, principalement le menu et le charbon de qualité inférieure, bien que toujours très-flambant. Dans les comptes de la houillère, on considère cette houille comme vendue au même prix que celle livrée aux étrangers.

Je donnerai la production et les consommations pendant le premier trimestre de 1845. Les nombres qui se rapporteraient au premier trimestre de 1846 seraient peu différents.

Production pendant le premier trimestre de 1845.

Bure James :	148.016 scheffel de menu =	7.400.800 kil.
—	9.845 centner de gros =	492.250
	En somme.	7.893.050
Bure Amalia :	75.504 scheffel de menu =	3.775.200 kil.
—	16.985 centner de gros =	849.250
	En somme.	4.624.450

Pour les deux mines 12.517.500 kil., dont 1.341.500 de gros ou un peu plus du dixième.

On espère augmenter beaucoup la production en 1846 et 1847. On compte pour cette année 1847 sur 100.000.000 kil. pour l'année entière.

Prix de vente. Pour la vente, on distingue seulement deux qualités : le gros, vendu 22 francs la tonne de 1.000 kil., le menu, vendu 10 fr. 92.

Le prix de vente, en comptant la houille consommée à l'usine, pour l'année entière 1845, a dû être de 606.219f,60 (1).

(1) Ce nombre est calculé dans l'hypothèse de quatre trimestres égaux au premier. La production réelle a été d'environ 50.000 tonnes métriques, et le prix de vente un peu supérieur au nombre précédent.

Consommations pendant le premier trimestre de 1845.

	thaler.	s.gr.	pf.	francs. c.
Main-d'œuvre	12.263	»	»	45.986 25
Chevaux et voitures pour les matériaux.	250	»	»	937,50
Matériaux.				
Charbon pour les machines	2.165	»	»	8.118,75
Briques, chaux, sable	115	»	»	431,25
Huile	1.020	4	3	3.825,53
Boisage	2.001	23	6	7.500,67
Fers et aciers	535	10	9	2.007,60
Fonte	240	»	»	900,00
Câbles en fils de fer	120	»	»	450,00
Chaînes, pelles, outils	190	»	»	712,50
Clous	122	10	»	458,75
Poudre (748 kil., 15)	160	6	3	600,78
Étoupilles de sûreté	202	10	»	758,75
Graisse pour les machines	170	5	3	638,16
Cuivre, chanvre, cordes de tresse.	60	23	»	227,83
Cardes, frais divers	40	»	»	150,00
Somme.	19.656	3	»	73.710,37

Les frais spéciaux sont de 5f,888 par tonne de 1.000

La mine de houille paye au gouvernement prussien une redevance composée de deux parties : l'une fixe, de 0f,05 par hectare de concession ; l'autre mobile, de 5 p. 0/0 des bénéfices nets. La redevance, en 1844, a été de 2.500 thaler, ou 9.375f.

Frais généraux. — Je considérerai dans les frais généraux les frais d'administration, et la houillère avec les machines représentant un capital de 1.350.000f.

Pour l'année entière :

Administration, surveillance	10.000 fr.
Intérêts des 1.350.000 fr. à 5 p. 0/0.	67.500
Intérêts du fonds de roulement	20.000
Somme des frais généraux.	97.500

Soit par tonne de houille 1f,94.

Prix de revient. Le prix de revient de la tonne de houille peut être établi de la manière suivante :

	fr.
Frais spéciaux.	5,888
Contributions, redevance. .	0,187
Frais généraux.	1,940
Prix de revient. .	8,015

Le bénéfice par tonne de gros, vendue 22 fr. est de 11f,985, et par tonne de menu, vendue 10f,920, de 2f,905.

Le bénéfice dans le premier trimestre a été de 48.544f,157.

Et pour l'année entière (quatre trimestres égaux), 194.176f,628.

Ce bénéfice se rapporte à une production de 50.076 tonnes, bénéfice moyen par tonne, 3f,878.

SECONDE PARTIE.

GISEMENT ET EXPLOITATION DE LA CALAMINE.

La calamine, accompagnée du plomb sulfuré, se trouve principalement en deux points : Diepelinchen, Herrnberg. A Diepelinchen, le gîte sera bientôt en exploitation ; près de Herrnberg, on connaît plusieurs amas dont un seul a fourni jusqu'à présent le minerai à l'usine.

Gîte de Diepelinchen. Le minerai paraît constituer un amas extrêmement puissant à la séparation du terrain houiller, et du calcaire carbonifère, au-dessous duquel se trouvent la grauwacke, et le calcaire désigné par les ingénieurs prussiens sous le nom d'Uebergangskalk. Le terrain houiller forme un plateau presque

isolé, peu éloigné vers l'est de Stolberg. Les couches affleurent suivant des arcs concentriques, leur direction est à peu près de l'Est à l'Ouest. On ne connaît jusqu'à présent que des veines de houille très-peu puissantes et inexploitables.

La galène, et ensuite la calamine ont été exploitées jusqu'à la profondeur de 35 mètres environ. Les eaux, très-abondantes, ont empêché de descendre plus bas. La surface du terrain est criblée de trous mal remblayés, dont plusieurs servaient encore à l'exploitation de la calamine vers la fin de 1844. Une grande quantité de calamine de qualité assez médiocre, se trouvait et se trouve encore en partie à la surface dans les déblais des anciens travaux d'exploitation de la galène. En suivant ces indications on peut se convaincre de l'existence d'un immense amas métallique, long de plus de 3.000 mètres, et dont la largeur varie de 100 à 150 mètres. Il est à la séparation du terrain houiller et du calcaire, mais principalement dans les schistes houillers. On retrouve un amas métallique analogue au côté Nord du bassin houiller : ses proportions sont moindres, sa plus grande longueur n'atteint pas 2.500 mètres. Ce second amas est peut-être la continuation du premier, qui se prolongerait au-dessous du terrain houiller disposé en fond de bateau.

La surface de ces deux amas offre une épaisseur de plusieurs mètres de sable et d'argile, employés sur place à la confection des briques ordinaires.

La calamine trouvée dans les déblais et celle de l'intérieur sont très-argileuses; elles ressemblent beaucoup à la calamine de Herrnberg. Les vieux ouvriers qui, dans les années de sécheresse extraordinaire ont pu descendre dans les anciens

l'amas; elle aura 1.200 mètres de longueur depuis la vallée près de Stolberg jusqu'à l'amas, qu'elle atteindra à une profondeur de 93^{m},20 au-dessous de la surface, et à 53 mètres au-dessous des travaux anciens les plus bas. Cette galerie n'est pas encore achevée; elle a traversé des cailloux roulés et des sables. Deux puits d'épuisement sont foncés dans le terrain houiller, l'un à l'extrémité occidentale du gîte, l'autre vers le milieu, deux machines à vapeur de 120 et 60 chevaux élèveront les eaux jusqu'à la galerie d'écoulement. Cette dernière servira en même temps de voie principale de roulage, elle sera prolongée sur toute la longueur de l'amas dans le terrain houiller. Les moyens d'épuisement précédemment indiqués permettront de descendre à une profondeur assez grande au-dessous du niveau actuel des eaux; bien que le minerai puisse n'être pas meilleur que celui de Herrnberg, la masse qu'ils rendront exploitable est immense, et pourra suffire pour alimenter pendant longtemps une usine bien plus grande que celle de Saint-Henri de Stolberg.

Gîte de Herrnberg près de Stolberg. — La mine de Herrnberg est située à six kilomètres de Stolberg, près du chemin de fer de Cologne à Aix-la-Chapelle. Plusieurs gisements importants sont indiqués, dans son voisinage, par les traces d'anciens travaux d'exploitation, et par de grandes quantités de calamine trouvée à la surface dans les déblais, à Saint-Severin, à Wolsgrube, etc.

Les amas de Herrnberg et Wolsgrube paraissent être dans le terrain houiller, à la séparation du calcaire anthraxifère, l'amas de Saint-Severin

dans le calcaire, près des schistes houillers.

Au Nord-Ouest de l'amas de Herrnberg le calcaire semble former un promontoire qui avance dans le terrain houiller. Les couches dirigées de E. 10° N. à O. 10° S., plongent vers le Nord et vers le Sud sous le terrain houiller, dont les couches ont la même direction. Elles sont coupées vers l'Est verticalement et dans la direction N.-S.; ce qui donne lieu, près de l'amas, à un escarpement calcaire, qui s'élève au-dessus du terrain houiller bouleversé, dans lequel est l'amas.

Amas de Herrnberg.—Situation géologique.

Au Nord du calcaire le terrain houiller stérile forme un fond de bateau et se relève contre le calcaire anthraxifère; à leur séparation se trouve l'amas de Wolsgrube. Sous le calcaire anthraxifère se trouve la Grauwacke; tous deux pendent vers le Sud.

A l'Est de l'amas de Herrnberg le terrain est recouvert par des formations tertiaires avec lignites.

Vers le Sud on retrouve à peu près la même succession que vers le Nord; d'abord le terrain houiller; puis le calcaire anthraxifère, dans lequel se trouve l'amas de Saint-Severin, la Grauwacke et le calcaire de transition. Saint-Severin est éloigné de Herrnberg de 800 mètres, et Wolsgrube d'environ 500 mètres.

L'amas de Herrnberg est très-irrégulier; ses plus grandes dimensions horizontales ont 100 mètres et 120 mètres. Il plonge vers le Nord d'environ 60°. Au Sud les schistes houillers sont peu bouleversés et seulement au contact immédiat de l'amas. Au Nord, au contraire, le bouleversement est tel qu'il est difficile de reconnaître la nature

du terrain; vers l'Est la dolomie en brouillage se trouve au contact de l'amas.

Nature du minerai.

A la partie supérieure, des travaux importants pour l'exploitation ont été faits à une époque qu'il est impossible de préciser. La société métallurgique de Stolberg a commencé, il y a quelques années, des travaux considérables. Elle a percé une galerie d'écoulement longue de 520 mètres, qui vient déboucher dans la vallée de Nirm; cette galerie a asséché la mine jusqu'à 50 mètres au-dessous de la surface.

La compagnie de Sassenay exploite maintenant à 25 mètres au-dessous de la galerie d'écoulement, de sorte que l'amas est connu sur une hauteur de 75 mètres.

Ses dimensions horizontales ne diminuent pas dans la profondeur, mais la nature du minerai change beaucoup. A la surface l'amas est principalement argileux. A la hauteur de la galerie d'écoulement, le minerai paraît être en morceaux plus ou moins isolés les uns des autres dans une masse d'argile blanche ou ferrugineuse. L'argile est surtout abondante vers le milieu de l'amas, qu'elle divise pour ainsi dire en deux parties. On connaît bien des espèces différentes de calamine et on remarque que les calamines blanches et celles de meilleure qualité se trouvent à l'Ouest de cette bande argileuse, et la calamine noire vers l'Est.

A la partie inférieure de l'exploitation, la séparation de l'amas en deux parties est bien tranchée et produite par du minerai de fer, très-bouleversé et très-aquifère. A l'Est de ce minerai de fer, on trouve de la calamine noire assez riche, et au-dessous une épaisseur de 2 mètres environ de

munication avec les deux niveaux. Cette disposition était principalement utile avant que la nouvelle machine d'épuisement Athénaïs ne fût placée; le niveau inférieur était souvent noyé, et il fallait monter dans les bouxtays au moyen de treuils, jusqu'au niveau de la galerie d'écoulement, la calamine abattue aux étages inférieurs. On contourne en même temps l'amas par une galerie en ceinture, réunie à la voie du milieu par des traverses à peu près normales à cette voie, distantes d'environ 20 mètres. Ces traverses sont nécessaires pour l'aérage, pour définir dans l'amas les parties riches et les parties stériles, et enfin pour diviser la masse à exploiter en massifs. Toutes les galeries ont deux mètres de hauteur. On n'établit des chemins de fer pour le roulage qu'aux voies principales des deux niveaux en communication avec le puits d'extraction. Ces voies principales ont été maintenues jusqu'en 1846 dans l'amas même, qu'elles avaient servi à reconnaître en le traversant. Le boisage de ces galeries était d'une solidité extraordinaire et d'un entretien extrêmement dispendieux à cause de la pression énorme et irrégulière de la calamine. On a renoncé à les conserver et on a remplacé au niveau inférieur la partie de la voie principale de roulage comprise dans les limites de l'amas par deux galeries de roulage contournant l'amas dans le terrain extérieur.

Quand un étage est ainsi reconnu et préparé, on commence son exploitation sur la hauteur 2 mètres des galeries, en partageant les massifs en piliers par de petites galeries presque normales aux traverses, espacées d'environ dix mètres. Les dimensions théoriques des piliers sont : horizon-

minerai, poser les étançons pour soutenir le toit et remblayer. La quantité de minerai qu'un homme peut abattre dans un poste est comprise en général entre 10 et 25 quintaux. Les 85 ouvriers piqueurs employés à Herrnberg peuvent fournir par semaine de 4.000 à 5.000 centners, soit 2.000 à 2.500 quintaux métriques de minerai, provenant tant des dépilages que de la préparation des étages.

Boisage. La calamine exige beaucoup de bois; les cadres placés dans les galeries, très-rapprochés, sont assez rapidement cassés, et les étançons qui soutiennent le toit dans les dépilages sont presque toujours laissés dans les remblais. La dépense en bois par tonne de calamine extraite s'est élevée jusqu'à plus de 8 francs; ordinairement elle est moindre. Dans le premier trimestre de 1845 les boisages ont coûté 1f,276 par tonne.

Roulage. Aux différents étages, le roulage est fait dans des brouettes; tout le minerai est amené au niveau de la galerie d'écoulement et au niveau inférieur; il est ensuite conduit au puits d'extraction dans des chariots ou wagons sur des chemins de fer. Ces chariots sont en tôle comme ceux de la houillère; ils contiennent 12 centner (600 kilog.) de minerai.

Vingt-six rouleurs suffisent pour les deux voies de roulage; ce sont des hommes payés 1f,50 par poste de 12 heures; le travail d'un rouleur est de traîner 17 chariots jusqu'au puits d'extraction. Il parcourt dans sa journée une distance de 4.000 mètres environ et son travail utile est 1.220.000 kilog. transportés à 1 mètre. Le roulage par brouettes et le mouvement des minerais jusqu'aux deux niveaux principaux exige 150 garçons d'une quin-

mètre. Depuis longtemps la Société voudrait établir un chemin de fer qui diminuerait beaucoup ces frais de transport ; mais les communes, dont ce chemin traverserait les bois, s'y opposent constamment.

Épuisement.

La galerie d'écoulement, à 50 mètres au-dessous de la surface de l'amas, a 520 mètres de longueur, 1 mètre de largeur et 2 mètres de hauteur. — Sa pente est un peu trop forte. Les eaux des travaux inférieurs sont élevées par des pompes, une partie juqu'au niveau de la galerie d'écoulement, une partie jusqu'à la surface. Ces dernières servent au lavage du minerai. L'ancienne machine d'épuisement, de la force de 30 chevaux, faisait mouvoir deux systèmes de pompes : l'un composé seulement d'une pompe aspirante, de $0^{m.},34$ de diamètre, placée à 8 mètres au-dessus du fond du puisard, élevait l'eau jusqu'à la galerie d'écoulement ; le second, maintenant encore en activité, est composé de trois pompes foulantes, de $0^{m.},34$ de diamètre ; elles élèvent à la surface l'eau nécessaire à la préparation mécanique. Ces pompes peuvent fournir par minute $0^{m.\ cub.},974$.

Ces deux systèmes de pompes pouvaient épuiser $1^{m.cub.},948$par minute, volume à peu près égal à celui de l'eau affluente en temps ordinaire. Aussi, dès que les pompes venaient à s'arrêter, l'eau inondait le niveau inférieur.

Le nouveau puits Athénaïs, affecté à l'épuisement, descend jusqu'au niveau inférieur ; les eaux sont réunies au bas dans un puisard en communication avec l'amas. — Deux pompes sont disposées dans le puits : celle inférieure est aspirante ; la seconde, à 18 mètres de la première, est à plongeur. Toutes deux ont $0^{m},47$ de diamètre, et la

adoptée pour activer l'aérage. Ordinairement l'air extérieur entre par la galerie d'écoulement, pénètre par les bouxtays dans les différents étages d'exploitation, et sort par le puits d'extraction. L'activité de l'aérage dépend beaucoup des inconstances atmosphériques.

Un changement dans la direction du vent renverse assez fréquemment le sens du mouvement de l'air dans la mine, et par les temps lourds et calmes, l'air ne circule que très-difficilement dans les travaux.

L'administration se compose d'un ingénieur directeur des travaux, de deux commis à Herrnberg, d'un commis à Diepelinchen, d'un chef mineur. **Personnel.**

Les mineurs et les rouleurs sont au nombre de 350.

Préparation mécanique de la calamine. — Dans la mine, la calamine est soumise à un premier triage, qui sépare les parties riches des parties moyennes et pauvres. Les premières sont envoyées directement à l'usine; les autres sont soumises, près du puits d'extraction, à une préparation mécanique fort simple. La proportion du minerai assez riche pour être traité directement ne dépasse pas un quart.

Le minerai pauvre ou de qualité moyenne est en morceaux ou en sable : les morceaux sont cassés au marteau et les fragments sont soumis sur des tables à un triage, qui donne une nouvelle proportion de minerai riche. Les fragments pauvres, séparés par le triage, sont soumis à un débourbage dans des caisses rectangulaires en bois, longues d'environ trois mètres, larges de $0^{m},65$ et pleines d'eau. — On agite le minerai avec des râ-

Le rendement du minerai a été :

0,11 pour le minerai brut;
0,1868 pour le minerai lavé.

Consommations pendant le premier trimestre de 1845.

Valeur des matériaux :

	fr.	fr.
Houille pour machines et chauffage. .	7.007,85	
Boisages.	5.215,40	
Fers, aciers, clous, pelles, outils. .	1.585,35	
Huile, graisse, chanvre, poudre. . .	2.265,00	
Valeur totale des matériaux.	16.073,60	
Valeur par tonne métr. de minerai prêt à être traité.		3,93

Main-d'œuvre.

Chef mineur, comptable, premiers piqueurs.	2.075,45	
Piqueurs pour exploitation, recherches, préparation.	12.214,68	
Traîneurs aux wagons et brouettes. .	9.012,25	
Tireurs au jour, manœuvres, charpentiers, maçons.	6.760,49	
Lavage et triage.	7.349,78	
Chevaux, transports, réparations. . .	1.211,00	
Valeur totale de la main-d'œuvre.	38.623,65	
Main-d'œuvre par tonne de minerai.		9,46
On peut évaluer à 5 journées,525 le nombre des journées de main-d'œuvre par tonne de minerai prêt à être traité.		
Somme des frais spéciaux par tonne de minerai. .		13,39

A ce nombre, il faudrait encore ajouter la redevance que prélève le gouvernement prussien. Les ingénieurs des mines évaluent le bénéfice, d'après lequel le minerai est imposé, en supposant que le minerai pourrait se vendre 17 s. g. le centner, ou 21 fr. 25 c. la tonne métrique.

TROISIÈME PARTIE.

USINE A ZINC.

L'usine Saint-Henri est placée sur une petite montagne qui domine Stolberg; sa disposition générale est indiquée *Pl. IV, fig.* 2. La route de Stolberg à Aix-la-Chapelle, qui sépare l'usine de la grande verrerie belge, a été faite, par la société, dans le but de rendre les transports plus économiques. Cette route, longue de 10 kilomètres, est beaucoup plus courte que l'ancienne route royale, suivie encore aujourd'hui par la malle-poste d'Aix-la-Chapelle à Stolberg.

L'usine n'a pas été construite en une seule fois; c'est ce qu'indique assez sa disposition. Les anciens bâtiments sont: les deux halles de 6 fours, la grande halle de 16 fours, les ateliers pour les terres réfractaires et la confection des cornues, les bureaux et le laminoir.

Les nouveaux bâtiments sont les trois halles de 8 fours. La petite verrerie, du côté de Stolberg, est louée 1.900 francs au fameux débitant d'eau de Cologne, J.-M. Farina.

Un chemin de fer à une seule voie, se ramifiant dans l'usine, met en communication la place de dépôt de houille, près de la bure James, avec les différentes parties de l'usine.

La fonderie de fonte, comprenant deux cubilots et l'atelier pour les réparations et la confection des outils et des machines, placé près de la bure James, va être transférée dans l'usine même.

Le terrain sur lequel l'usine est construite, est très favorable. Le plateau fort vaste permet d'espacer les

bâtiments; il offre pour les scories et autres matières stériles des décharges qui suffiront pendant un très-grand nombre d'années; l'usine est tout à fait voisine du puits d'extraction de la houillère. Les fumées abondantes n'incommodent aucunement les habitants de Stolberg. Ces fumées n'ont, du reste, rien de nuisible, car les bouleaux du bois qui est en contact avec l'usine, vers Aix-la Chapelle, sont toujours aussi verts que les arbres plus éloignés et ne paraissent pas souffrir.

On a adopté la méthode silésienne un peu modifiée. Cette méthode est préférable à celle dite liégeoise dans les circonstances dans lesquelles l'usine se trouve placée : 1° à cause du minerai, pauvre et assez réfractaire : la méthode silésienne épuise plus complétement le minerai; 2° à cause de l'éloignement de la terre réfractaire et du bas prix du combustible : dans le procédé silésien on consomme moins de terre réfractaire, mais plus de houille que dans la méthode liégeoise.

L'usine de Stolberg comprend 54 fours adossés deux à deux, avec une cheminée pour 2 fours. La cuisson des moufles, la calcination de la calamine et la fonte du zinc brut en lingots, sont faites au moyen des flammes perdues des fours de réduction et dans des compartiments de ces fours.

A Steinfürtchen, près de Combacher-Mühle, la société possède une petite usine de 4 fours avec leurs accessoires, maison d'habitation, ateliers pour les terres réfractaires et magasins.

Je décrirai successivement :

1° La préparation des terres réfractaires; la confection des moufles, bottes et pots, briques de foyers, etc.

2° Les fours de réduction et l'élaboration du minerai, donnant le zinc brut en lingots;

3° La seconde fusion du zinc et le laminage.

1° *Confection des moufles, bottes, pots, briques de foyers, etc.*

Matières premières.

Pour les bottes, les pots, les briques ordinaires, on emploie l'argile jaune, qui se trouve presque partout aux environs à la surface du sol, sur une assez grande épaisseur. Pour les moufles, les briques de foyers et les briques réfractaires, on se sert d'argile d'Andennes achetée à la maison Pastor-Bertrand. Les briques réfractaires pour les voûtes et parois des fours sont ordinairement achetées toutes faites à la même maison, au prix de 20 fr. les 1.000 kilog.; pour avoir le prix de revient à Stolberg il faut encore ajouter 14 francs pour frais de transport d'Andennes à l'usine.

On emploie plusieurs espèces de terres réfractaires; celles de Maizerouille, Tahier, Mozet, Haltinne, dont les compositions sont données dans le mémoire de MM. Piot et Murailhe sur la fabrication du zinc en Belgique (Annales des mines, 4e série, tome V, page 207).

La terre de Maizerouille est considérée comme la meilleure et la plus réfractaire; elle contient une forte proportion d'alumine (33 pour 100). Elle coûte 18 fr. les 1.000 kilog. rendue sur les bords de la Meuse; la terre de Haltinne est la moins réfractaire, elle renferme de la magnésie : la première qualité est achetée 12 fr. les 1.000 kil. En tenant compte de 14 fr. de transport des bords de la Meuse à l'usine, le prix de revient de la terre réfractaire à Stolberg est de 26 à 32 francs les 1.000 kil.

pour moteur la machine à vapeur du laminoir. La première ne sert plus qu'en cas d'accident à la machine à vapeur ou aux engrenages du laminoir.

Les anciennes meules sont en grès : elles ont $1^m,55$ de diamètre moyen et $0^m,27$ d'épaisseur. Leurs jantes étaient primitivement un peu coniques. Ces meules sont réunies par un axe horizontal, traversé par un arbre vertical, qu'un cheval fait tourner. L'axe horizontal peut s'élever et s'abaisser un peu indépendamment de l'arbre vertical. Cette disposition permet aux meules de passer par-dessus les fragments trop gros et trop durs.

Les meules roulent en tournant sur une sole en fonte, munie de deux rebords circulaires : un couteau fixé à l'arbre ramène constamment les terres sous les meules.

Les meules mises en mouvement par la machine à vapeur sont en poudingue; elles ont $1^m,40$ de diamètre moyen et $0^m,31$ d'épaisseur. Leurs jantes sont très-peu coniques et entourées de cercles de fonte épais de $0^m,01$. Ces bandes préservent les jantes d'une usure rapide, et sont fort faciles à changer. La disposition est du reste la même que pour l'ancienne paire de meules, avec cette différence que le mouvement est transmis par la machine à vapeur, au lieu d'être donné par un cheval.

Il faut pour la nouvelle paire de meules un chargeur et deux casseurs. Le chargeur jette sur la sole les fragments cassés; puis, quand il voit l'argile broyée en grande partie, il l'enlève à la pelle et la jette sur un tamis à toile métallique, incliné à 60°, et, recevant de la machine à vapeur un mouvement oscillatoire; les morceaux arrêtés par le tamis sont reportés sous les meules. Personne.

fles et briques de foyers. En 12 heures on pétrit 3.000 kil. de pâte.

Dans le second pétrin, la terre ordinaire ne fait que descendre une seule fois; aussi peut-il donner 15.000 kil. en 12 heures. La pâte ainsi obtenue est montée par un treuil à l'atelier de confection des bottes et pots, situé au-dessus de celui de pétrissage.

Pour le broyage et le pétrissage il faut 5 hommes, travaillant 12 heures et gagnant 1f,25 à 1f,50.

Confection des moufles et briques de foyers.

L'atelier est au premier étage en F (*Pl. IX*, *fig.* 2), en face de la porte d'entrée de l'usine, au-dessus du magasin des terres réfractaires humides et de l'ancienne paire de meules. Il consiste en plusieurs pièces vastes, mais assez basses, dans lesquelles la température est entretenue à peu près constante et voisine de 20° par des poêles allumés constamment, servant à sécher les moufles rangées tout autour.

Les moufles sont cylindriques, longues de 1m,24 (celles qui dans les fours sont placées aux extrémités de la grille ont 0m,18 de plus). Elles ne sont fermées que d'un côté : la base antérieure est libre; cette base ou face est représentée *fig.* 9, *Pl. IX*. Les dimensions extérieures principales sont : hauteur 0m,55, largeur 0m,22; les dimensions intérieures correspondantes sont : 0m,48 et 0m,135. L'épaisseur est de 0m,03 à la partie supérieure et de 0m,04 latéralement et au fond plat. La base antérieure est divisée en deux parties par deux petits rebords *a*, *a*; ils servent à supporter la botte, qui pénètre dans la partie supérieure qu'elle doit remplir presque complétement, tandis que la partie inférieure doit être bouchée par une briquette

d'argile lutée. Le poids d'une moufle varie de 100 à 110 kil.

Confection des moufles. La pâte d'argile réfractaire, employée pour les moufles, est apportée à l'atelier en masses informes. Les ouvriers commencent par la comprimer et la façonnent en prismes rectangulaires, dont les dimensions approximatives sont $0^m,15$, $0^m,46$ et $0^m,46$ Ces prismes sont placés sur des tables sablées, et les ouvriers coupent avec des fils de laiton les morceaux de dimensions convenables pour la fabrication.

Le mode de confection usité jusqu'à la fin de 1845 est un peu différent de celui adopté maintenant, 1846. Je décrirai successivement les deux méthodes.

Ancien procédé. Ce procédé se rapproche un peu de celui employé à l'usine d'Angleur; les moufles sont fabriquées dans des moules verticaux en bois composés de trois parties, qui peuvent être assemblées l'une au-dessus de l'autre au moyen de rainures, tenons et crochets. Chacun de ces moules partiels s'ouvre à charnière, suivant une génératrice : les faces intérieures sont garnies d'une toile mouillée qui empêche l'adhérence de l'argile. Le moule partiel inférieur est posé sur une planche à laquelle il est lié solidement. Il a $0^m,60$ de hauteur.

L'ouvrier commence par jeter au fond du moule une masse d'argile plus que suffisante pour former le fond, il la comprime à l'aide d'un mandrin en bois et la réduit à l'épaisseur de $0^m,05$.

Pour élever ensuite les parois de la moufle, l'ouvrier coupe successivement dans le prisme d'argile des bandes parallèles à l'un des longs côtés, épaisses de $0^m,04$; il les applique dans le moule contre les parois et contre l'argile inférieure, en

les comprimant avec la main mouillée, de manière à bien les réunir entre elles et à rendre la pâte aussi équirésistante que possible.

Quand l'argile a atteint dans le moule la hauteur de 0^m,40, l'ouvrier laisse sécher pendant un jour entier, afin que l'argile prenne assez de consistance pour supporter sans se déformer le poids des parties supérieures. Il est important que le bord de la paroi conserve son humidité, qui permet de la relier à la partie de la paroi faite le lendemain : à cet effet on entoure le bord d'un linge entretenu constamment mouillé. Vingt-quatre heures après, l'ouvrier achève les parois de la moufle jusqu'à la hauteur de 0^m,60, et laisse sécher douze heures, en entourant toujours le bord supérieur d'un linge entretenu mouillé. Il place ensuite le second moule sur le premier et confectionne d'une fois les parois correspondantes de la moufle. Il laisse encore sécher douze heures, place la troisième partie du moule et achève la moufle. Il trace, sur le bord supérieur, sa marque et la date de la confection.

Pour éviter les pertes de temps, chaque ouvrier travaille en même temps à huit moufles; elles sont toutes achevées en trois jours.

Les moufles terminées sont traînées dans leurs moules et rangées, toujours dans la position verticale, autour du poêle; elles sèchent pendant trois jours; après ce temps on enlève les moules, et les moufles restent encore quatre jours dans la même position. Elles sont ensuite portées à l'étuve, d'où elles ne sortent que pour être chauffées au rouge dans les fours de cuisson, compartiments des fours de réduction.

L'étuve consiste en deux chambres, capables de

contenir 200 moufles, rangées sur des gradins. Chaque chambre est chauffée par un foyer placé contre un des murs, et dont la porte de chargement est à l'extérieur. Sur le côté opposé au foyer est une cheminée, dont l'orifice inférieur, situé près du plancher, force les gaz chauds à serpenter dans la chambre. On brûle des escarbilles sur les grilles, et on pousse le feu jusqu'à ce que la température soit au plus de 50°. Quelquefois la température ne dépasse pas 35°; ordinairement elle est comprise entre 40 et 50°. Le service de ces étuves est fait par des ouvriers spéciaux, qui étouffent le feu quand ils doivent entrer. En séchant, les moufles diminuent en longueur d'environ 0m,03. Les moufles sont autant que possible confectionnées l'été; il est plus facile d'obtenir dans cette saison une température à peu près constante, et une circulation d'air assez active pour entraîner l'humidité. Il faut environ 3.000 moufles par an pour une production de 3.000 tonnes de zinc. Douze ouvriers sont employés à leur confection; le nombre précédent donne pour chacun près de 100 jours de travail.

La façon d'une moufle est payée 1 fr.

Détail du prix de revient d'une moufle sortant de l'étuve :

		fr.
Argile réfractaire, 120 kil. à 29 fr. les 1000 kil.		3,48
Calcination.	Main-d'œuvre, 0f,01 à 1 fr.	0,01
	Houille, 20 kil. à 0f,50 les 100 kil.	0,10
Cassage et broyage.		0,36
Transport et confection.		1,05
Séchage à l'étuve.		0,04
Prix de revient d'une moufle.		5,04

Le nouveau procédé diffère essentiellement du précédent et permet de fabriquer avec économie de main-d'œuvre des moufles plus résistantes. Les moufles sont confectionnées horizontalement et avec un moule intérieur en planches. Chaque ouvrier doit avoir un garçon pour lui apporter la pâte et tout ce dont il a besoin. Il est devant une longue table horizontale élevée de 0m,80 et large de 1m,20, sur laquelle sont placées les planches mobiles servant de fondation aux moufles. **Nouveau procédé.**

Sur une planche bien sablée avec des escarbilles pulvérisées, l'ouvrier étend une couche d'argile épaisse de 0m,05, d'une longueur un peu plus grande que la hauteur de la moufle et d'une largeur de 0m,25. Il la bat et la comprime autant qu'il le peut, d'abord avec la main mouillée, ensuite avec un mandrin plat en bois, et la ramène à l'épaisseur de 0m,04. Sur cette base il pose le moule intérieur de la moufle. Ce moule est composé d'un châssis de deux tiges horizontales parallèles, longues de 1m,50, réunies par deux montants verticaux; d'un noyau fixé au châssis, et de planches mobiles qui donnent à la surface du moule la forme intérieure de la moufle. Pour éviter l'adhérence de l'argile et du bois, on peut employer, soit des escarbilles pulvérisées, soit des toiles mouillées. L'ouvrier élève successivement sur le moule les parois latérales planes, puis la partie convexe, en ayant soin de bien relier les différents morceaux d'argile, de bien comprimer les parois et de leur donner une épaisseur uniforme. Cette dernière condition est assez facile à vérifier au moyen d'une règle qui doit s'appuyer sur toute la longueur de la moufle. La moufle ainsi terminée (ouverte encore à ses deux extré-

Les dimensions des briques de foyers sont $0^m,40$, $0^m,23$ et $0^m,17$.

Les chaudières pour la fusion du zinc brut sont fabriquées avec les mêmes argiles que les moufles : elles sont cylindriques, à fonds bombés et munies de rebords annulaires. Leur diamètre intérieur est de $0^m,32$, l'épaisseur de $0^m,03$ et la profondeur de $0^m,40$. Les rebords annulaires ont $0^m,07$ de largeur. Ces chaudières sont fabriquées dans des moules en bois d'une seule pièce, par les mêmes ouvriers qui font les moufles; elles sont séchées d'abord à l'atelier près du poêle, ensuite à l'étuve; elles ne sont pas cuites.

Les bottes et les pots sont adaptés aux moufles et servent à la condensation du zinc. La botte se compose d'une partie cylindrique qui s'adapte à la partie supérieure de la moufle, longue de $0^m,50$, et d'un coude à angle droit, qui pénètre dans le pot. Le sommet du coude est tronqué et présente une ouverture elliptique dont les axes ont $0^m,20$ et $0^m,15$. Les dimensions principales d'une botte sont indiquées *Pl. IX, fig.* 10. L'épaisseur est de $0^m,01$. **Bottes et pots.**

On se sert pour les bottes d'une pâte composée d'argile ordinaire crue, mélangée avec une quantité égale de même argile calcinée. Cette pâte est montée aux ouvriers en masses informes. Ils commencent par la comprimer et la façonner en prismes rectangulaires longs de $0^m,50$, disposés sur des tables sablées. La confection d'une botte exige deux hommes et un moule composé de deux pièces indépendantes : la première est une planche sablée, sur laquelle on fabrique la botte; la seconde est le moule intérieur de la partie droite, et est munie d'une poignée. Le premier ouvrier

à la main sur des moules en bois, par deux ouvriers jeunes et peu exercés. Ces ouvriers ont aussi leurs tas prismatiques d'argile, dans lesquels ils coupent successivement, pour chaque pot, deux bandes épaisses de $0^m,01$, qu'ils appliquent sur le moule et dont ils n'ont qu'à réunir les bords. Les pots sont séchés comme les bottes. On évalue à 150 ou 200 le nombre de pots qu'il faut renouveler journellement. Les deux ouvriers doivent fabriquer tous les pots consommés, moyennant $2^f,50$ par jour. Le poids d'une botte avec son pot est 15 kil. et le prix de revient $0^f,25$. Le pot seul revient à $0^f,05$.

Fours de réduction. Pl. IX, fig. 3, 4, 5, 6 et 7. — Les fours sont tous adossés deux à deux comme dans les usines de la Silésie. Au milieu d'un massif double s'élève la cheminée de 12 mètres de hauteur. Chaque four contient vingt moufles disposées deux à deux dans des niches sur deux banquettes à peu près horizontales séparées par la chauffe.

La grille a $0^m,39$ de largeur et $1^m,872$ de longueur; elle est à 1 mètre en contre-bas des banquettes. Elle est formée par trois barreaux en fer forgé placés dans le sens de la longueur et supportés par deux grosses barres de fonte scellées dans la maçonnerie latérale. Les parois de la chauffe, construites en briques, dites briques de foyers, ne sont pas tout à fait verticales : leur distance au niveau des banquettes est de $0^m,47$; à la grille elle n'est que de $0^m,39$. La chauffe est placée au milieu du four, tant en longueur qu'en largeur. La largeur intérieure du four est de $3^m,40$.

Les deux banquettes sont un peu inclinées vers l'extérieur. Les pieds-droits parallèles, qui sup-

portent les voûtes des niches latérales, sont perpendiculaires à la chauffe et commencent à un mètre des bords intérieurs des banquettes. Chaque pied-droit est formé d'une seule brique dont les dimensions sont indiquées *fig.* 8, *Pl. IX.*

La plus grande longueur est de 1 mètre; l'épaisseur est de 4″ = 0^m,108; la hauteur de 21″ = 0^m,55. La largeur des niches est de 23″ = 0^m,602; les voûtes sont cylindriques et parallèles aux banquettes; elles viennent pénétrer la voûte principale du four, parallèle à la longueur de la grille. Le point de cette voûte le plus élevé est à 33″ = 0^m,863 au-dessus des banquettes. Aux deux extrémités du four, cette voûte principale est aussi pénétrée par deux parties de voûtes cylindriques parallèles à la largeur du four. Ces pénétrations rendent la construction de la voûte assez compliquée et nécessitent des briques de formes particulières. Les briques sont toutes achetées à la maison Pastor-Bertrand, d'Andennes, excepté les briques de foyers et les pieds-droits des niches. Il faut pour la voûte d'un four 878 briques de 22 formes différentes.

Les moufles viennent aboutir vers le milieu des niches: celles des quatre niches extrêmes ont 1^m,45 de longueur; les douze autres seulement 1^m,27; le fond de ces dernières est à 0^m,23 de la chauffe.

Les deux moufles d'une niche la remplissent assez complétement pour qu'il ne soit pas besoin de maçonnerie pour fermer latéralement le fourneau. Il suffit du lut jeté à la main par les ouvriers aux bords des moufles.

Les banquettes n'existent que jusqu'aux extrémités des moufles; elles sont continuées jusqu'à

la paroi extérieure du four par des plaques de fonte percées d'ouvertures dans lesquelles viennent s'engager les pots. Au-dessous, le massif du four présente des cavités rectangulaires, fermées en parties par des plaques de tôle, et dans lesquelles le zinc distillé tombe en gouttelettes qui se solidifient sur des soles en fonte. Les bottes et pots sont entièrement sous les niches, fermées à l'extérieur par des portes mobiles. Ces portes sont composées simplement d'un châssis et treillis en fer, garnis avec du lut. Elles sont posées dans de petites embrasures ménagées aux bords des niches.

A l'extrémité du four opposée à la cheminée est la porte de chargement de la grille, à côté de laquelle le chauffeur place la provision de houille pour la journée. D'un côté de la porte se trouve le compartiment dans lequel les moufles sont chauffées jusqu'au rouge avant d'être placées dans le four; de l'autre est le foyer à deux chaudières pour la fusion du zinc brut. Le four pour la cuisson des moufles a $0^m,75$ sur $1^m,20$. Il est couvert par une voûte cylindrique.

Les flammes du four à zinc entrent par un conduit à la partie inférieure et au fond; elles sortent par un rampant dont l'orifice est à la voûte près de la porte, et se rendent dans une petite cheminée haute de quelques décimètres. Cette disposition a l'avantage d'attirer vers cette extrémité du four à zinc une partie des flammes, et par suite de faciliter une égale répartition de la chaleur dans l'intérieur du four; ces flammes sont en outre utilisées en partie. La disposition des deux foyers avec les chaudières de fusion du zinc est suffisamment indiquée pour les *fig.* 4, et 5. *Pl. IX.* Les flammes du four à zinc qui servent

boîtes, pots, briques de foyers, qu'on place assez longtemps d'avance au-dessus des fours.

Les armatures de ces fours à zinc ne sont pas très-fortes : dans le sens de la largeur, elles sont placées en *a*, *a* (*fig.* 4), aux extrémités et de part et d'autre des niches du milieu. Elles consistent en montants en fonte appliqués contre les parois et serrés par des tiges de fer horizontales boulonnées à leurs deux bouts. Comme les niches du milieu sont celles qui chauffent le plus, les montants en fonte correspondants sont réunis par des arcs en fonte appliqués contre les bords des voûtes. Dans le sens de la longueur, les armatures *b*, *b* (*fig.* 4), servent pour les deux fours.

Les différents massifs doubles sont placés dans des bâtiments allongés et dans le sens de la longueur (1). La distance des fours entre eux est de 4 mètres; l'éloignement des basses murailles 3^m,50; la largeur des bâtiments est de 12 mètres; l'épaisseur des murs, de 0^m,45; leur hauteur au-dessus du sol, de 4 mètres; les toits recouverts en tuiles sont inclinés à 0,45. Ces toits sont ouverts à leur partie supérieure, afin de donner une issue facile aux fumées.

Les basses murailles sont percées de portes et de fenêtres munies de volets. Il faut autant que possible éviter les courants d'air, dans certaines périodes de la réduction; ces courants agiraient trop énergiquement sur le zinc et augmenteraient la perte en l'oxydant. Cet effet est bien évident

(1) Dans l'usine qu'une société d'Eschweiler construit près de Stolberg, sur le Kohlenberg, les massifs sont disposés dans le sens de la largeur du bâtiment : cette disposition économise l'espace, mais rend la manœuvre plus pénible pour les ouvriers.

charger dans les moufles, mais du minerai mélangé de beaucoup d'oxyde de zinc. Il faut encore huit à dix jours pour que le four soit bien échauffé. Quand on est très-pressé, on peut gagner environ huit jours de séchage sur la mise en feu, mais on l'évite le plus possible.

Les outils nécessaires pour un four sont : Outils.

2 *Pelles de chargement du minerai calciné dans les moufles.* — Elles sont en tôle et fixées à des manches en fer longs de 3^m,50 et de 0^m,02 de diamètre.

Elles ont la forme de prismes droits à base carrée dont l'une des faces aurait été enlevée. La hauteur du prisme est de 0^m,40 ; le côté de la base de 0^m,08.

2 rétules ou râbles pour décharger les moufles. La longueur des manches est de 3^m,50, leur diamètre de 0^m,025 ; la partie plate a 0^m,10 sur 0^m,08.

2 râbles plus petits pour les bottes : les manches n'ont que deux mètres de longueur.

2 grands ringards en biseau (Herping) pour détacher les matières agglomérées et adhérentes aux moufles. Leur longueur est de 3^m,50, le diamètre de 0^m,30.

2 ringards plus petits pour les bottes ;

1 spitz ou crochet pour nettoyer les pots ;

1 seau à eau ;

1 caisse à lut ;

1 pelle ordinaire en tôle, avec manche en bois, pour mélanger les matières qui composent les charges ;

1 pelle pour charger la grille ;

1 grande paire de pinces servant à enlever et à placer les briquettes qui ferment les ouvertures des bottes et des moufles ;

Pour tous les fours d'un même hangar, il faut en outre une paire de pinces pour manœuvrer les moufles, les enlever et les mettre en place.

La somme du poids des outils d'un four est de 163kil.,45.

Personnel. Pour l'élaboration du minerai dans un four deux hommes suffisent : l'un d'eux, nommé le brigadier, dirige la manœuvre; l'autre est son aide. Ces deux ouvriers ont ordinairement cinq à six heures sur vingt-quatre pour le déchargement des moufles, leur chargement, la fusion et la coulée en lingots du zinc brut condensé au-dessous des pots, pour remplacer les pots, bottes, moufles hors de service. Ils sont payés 2 francs et 1f,50.

Il faut en outre un chauffeur pour deux massifs ou quatre grilles, et par douze heures, et un homme pour quatre fours pour casser le minerai en menus fragments, au marteau, et pour le calciner. Chaque chauffeur reçoit 2 francs par douze heures, et chaque casseur 1f,25.

Pour intéresser les ouvriers à la réussite des opérations on leur accorde une prime de 0f,111 par kilogramme de zinc qu'ils obtiennent au delà du nombre normal (150 kilogrammes par four et par vingt-quatre heures); on leur fait une retenue de 0f,555 par kilogramme obtenu en moins du nombre précédent. Cette retenue n'est cependant pas toujours appliquée. Ces primes et retenues sont réparties entre le chauffeur, le brigadier et son aide, dans la proportion de 2/5 pour chacun des deux premiers et de 1/5 pour l'aide.

Calcination du minerai. Le minerai cassé au marteau est chargé dans les deux chambres de calcination, entre les deux fours de chaque massif. La charge de 8 centner = 448 kil. par chambre, reste douze heures dans

le four; l'ouvrier la retire avec un râble, et l'amène contre le mur en face du four, et charge de suite une nouvelle quantité de minerai.

La calamine en poussière, provenant du lavage, ne reste que huit heures dans les chambres, mais les charges sont réduites en proportion. Dans les deux chambres, on calcine toujours en vingt-quatre heures 32 centner (1.792 kil.) de minerai, ce qui est la charge des deux fours dont les flammes servent à la calcination.

La perte de poids du minerai varie de 20 à 25 p. o/o; elle est un plus forte pour la calamine lavée que pour celle qui arrive directement de la mine.

Travail d'un four à zinc. — La charge des vingt moufles d'un four à zinc est de 16 centner = 900 kil. de calamine (poids pris avant calcination) mélangée avec un volume égal de houille maigre; ce volume répond à 6 scheffel ou 327 kil. La houille maigre est achetée à la houillère Hohenhohe, bassin de la Worm, à raison de 3f,70 les 1.000 kil.

Les matières sont mélangées par l'aide, qui en fait des tas devant le milieu du four et près du mur; chaque tas répond à la moitié d'un four ou à dix moufles. A la calamine calcinée on ajoute tout ou partie de l'oxyde de zinc recueilli dans l'opération précédente.

Une opération dure vingt-quatre heures. Le brigadier et l'aide commencent le travail le matin vers quatre heures; ils enlèvent d'abord le zinc condensé au-dessous des pots, et nettoyent les cavités qu'on pourrait appeler les bassins de réception du zinc; ils procèdent ensuite au déchargement et au chargement des moufles. L'aide enlève

Chargement et déchargement des moufles.

Le brigadier charge ensuite les deux moufles en même temps; il présente à l'aide la pelle de chargement au-dessus du tas préparé d'avance : l'aide la remplit avec la pelle ordinaire. Le brigadier l'introduit alternativement dans chaque moufle par les orifices, aux coudes des bottes, et la vide en la retournant. Il faut, pour la charge d'une moufle, environ vingt pelletées.

Les deux ouvriers ferment les coudes des bottes de la même manière que les orifices des moufles; l'aide enlève ensuite le châssis de la seconde niche, et s'en sert pour fermer la première; la manœuvre recommence alors pour les deux moufles de cette seconde niche, et successivement pour toutes celles du même côté du four. Pour fermer la dernière niche; l'aide prend le châssis enlevé à la première. Les deux hommes passent de l'autre côté du four, et achèvent le déchargement et le chargement.

Fusion du zinc brut.

Le zinc distillé et condensé au-dessous des pots forme des espèces de stalagmites. Il est fondu par le brigadier dans les deux chaudières placées aux extrémités du four.

Il faut que les chaudières soient couvertes assez exactement; on emploie des plaques de tôle mince. Le brigadier doit veiller à ce que la fusion soit très-lente, et à ce que la température ne s'éléve pas jusqu'au point de volatilisation du zinc. Le métal doit rester en fusion pendant un quart-d'heure; après ce temps le brigadier le coule en lingots en le puisant avec une cuiller en fer, et le versant dans des moules en fonte pareils à ceux qui servent pour la seconde fusion. L'oxyde de zinc et les crasses viennent nager à la surface du métal, sont enlevés et jetés sur le tas de calamine

entre lesquels arrive l'air nécessaire à la combustion. Le chauffeur doit de temps en temps piquer la grille par-dessous avec un ringard pointu, mais en s'attachant à ne pas faire tomber la houille, mais seulement à dégager les orifices pour l'air. La couche de mâchefer a $0^m,35$ d'épaisseur; le combustible doit être maintenu à peu près constamment à l'épaisseur de $0^m,40$.

Quand le feu est bien arrangé par un chauffeur habile, on peut séjourner sans peine sous la grille; il ne tombe quelques escarbilles que lors du chargement de la houille.

La consommation maxima permise au chauffeur est de 29 scheffel (de 45 kil.) par four et par vingt-quatre heures. S'il brûle davantage, l'excès est à son compte. Ordinairement cette limite n'est pas atteinte, et un four ne consomme pas plus de 27 scheffel.

La houille est amenée du puits James sur un chemin de fer à une voie, dans des wagons en bois contenant 22 scheffel, et pouvant basculer perpendiculairement aux essieux, de façon à se vider latéralement à la voie et hors des bâtiments. Les chauffeurs viennent chercher la houille dans des brouettes et la déposent près des portes de chargement des grilles. Un cheval suffit pour le transport de la houille dans toute l'usine.

Très-peu de temps après le chargement des moufles, apparaissent au-dessous des pots des flammes rougeâtres; mais ce n'est qu'au bout de plusieurs heures que le zinc commence à distiller et à se condenser. Il donne aux flammes une couleur blanc verdâtre d'autant plus intense que les moufles sont plus chauffées et que l'air extérieur arrive plus facilement jusqu'aux bassins de récep-

tion. Ces flammes doivent servir de guide aux chauffeurs. Quand elles sont faibles sous une niche, le chauffeur doit activer le tirage de ce côté, en ouvrant le rampant donnant issue aux flammes à la partie supérieure de la niche; quand ces flammes sont trop fortes, il doit au contraire fermer ce conduit. La quantité d'oxyde de zinc formé dans les bassins de réception est considérable, quand le vent arrivant vers le côté des fours le chauffeur n'a pas la précaution de fermer exactement les portes et les volets.

Dans la nuit la flamme légèrement verdâtre diminue, et cesse tout à fait le matin vers quatre heures, un peu avant le chargement. Le minerai est bien complétement épuisé; lorsque les résidus retirés rouges des moufles arrivent à l'air, on n'aperçoit aucune flamme blanche de zinc. A l'usine d'Angleur, au contraire, les flammes de zinc sont très-abondantes lors du déchargement (1).

La perte en métal est considérable, et due pour la plus grande partie à la volatilisation et à l'oxydation du zinc distillé, et non pas à l'inachèvement de l'opération.

C'est donc vers la condensation du zinc que doivent porter les modifications au procédé silésien, au moins pour diminuer la perte. De nombreux essais ont été déjà tentés dans le but de condenser les vapeurs de zinc dans l'eau. Dernièrement encore (à la fin de 1845) on a mis en pratique pen-

(1) Les résidus des cornues à Angleur contiennent 10 p. 0/0 de zinc; une partie est à l'état de silicate; cependant, pour une simple calcination, on dégage encore 7 p. 0/0 de zinc, et l'acide acétique dissout à peu près la même proportion.

dant plusieurs semaines un procédé imaginé par un Anglais, mais on a été obligé à renoncer à cette invention pour les deux raisons principales suivantes :

1° Le zinc condensé dans l'eau la décompose en partie ; il se trouve en poudre extrêmement divisée qui donne peu de métal par fusion dans les chaudières ;

2° La pression est toujours un peu augmentée dans les moufles ; les résidus d'une opération de vingt-quatre heures contiennent encore beaucoup de zinc ; et les moufles sont plus rapidement hors de service, parce que les fentes tendent toujours à augmenter par suite de l'excès de la pression intérieure.

Je n'ai pu me procurer moi-même d'échantillons représentant certainement la composition moyenne du minerai traité ; cependant, d'après plusieurs analyses, la teneur moyenne du minerai amené à l'usine serait de 27 à 29 p. 0/0 ; comme on ne retire qne 19 à 20 p. 0/0 de zinc, la perte ne serait pas inférieure à 25 p. 0/0 et à 28 p. 0/0. Perte en zinc.

L'administration est composée de : Personnel.

Un directeur, M. de Jaurias, un comptable et quatre employés.

Les travaux sont dirigés en sous-ordre par quatre contre-maîtres, qui tous les jours remettent à l'administration des rapports détaillés de l'état des travaux qu'ils ont à surveiller. L'usine entière emploie 200 ouvriers permanents, et en outre un nombre variable de manœuvres. La petite usine de Steinfürtchen occupe une douzaine d'ouvriers et un contre maître.

Tous les ouvriers font partie d'une association ; Association des ouvriers. ils paient 1/60 de leurs salaires et une forte pro-

portion de leurs primes et gratifications à une caisse de prévoyance destinée à assurer des secours aux ouvriers malades, des pensions aux invalides, aux veuves et aux orphelins, proportionnées à l'habileté et aux services rendus par les ouvriers.

Une association pareille existe entre les ouvriers des mines de calamine et ceux de la houillère.

Considérations économiques. — Je donnerai, de même que pour les mines, la production de zinc brut et les consommations pendant le premier trimestre de 1845.

Production.	Zinc brut fondu en lingots.	748.638 kil.
	Nombre des fours en rendement moyen. .	52
	Production moyenne par four et par jour.	120
Consommations.	Houille pour réduction. . . .	29.945 scheffel de 50 kil.
	— pour les grilles. . . .	126.360
	— accessoires.	19.891
	Calamine lavée.	72.923 centner de 55 kil.
	Rendement moyen en zinc. .	0,1868
	— Moufles.	750 (c'est environ une moufle pour 1000 k. de zinc)
	— Bottes et pots.	6.250

Les moufles durent de deux à cinq mois, quelques-unes résistent dix mois et jusqu'à un an. Les bottes sont hors de service après une quinzaine de jours et les pots en moins de cinq jours.

Prix de revient. Détail des frais pour 1000 kil. de zinc brut en lingots :

	fr.	fr.
Une moufle, à.	5,04	
9 bottes et 20 pots.	2,50	15,740
Briques, terre réfractaire, lut. . . .	8,20	
Calamine, 5.353 k. à 14f,35 les 1.000 k.		76,815
Houille sèche pour réduction, 1.945 k. à 3f,50 les 1.000 k.	6,807	114,244
Houille pour les grilles et accessoires, 9.767 kil. à 11 fr. les 1.000 k. . .	107,437	
A reporter.		206,799

					fr.
Report.					206,799
Main-d'œuvre :					
	jo.		fr.	fr.	
Cassage et calcination,	1,177	à	1,25. .	1,471	35,161
Chauffeurs,	3,340	à	2,00. .	6,680	
Chargeurs : brigadier,	6,660	à	2,00. .	13,320	
Chargeurs : aide,.	6,660	à	1,50. .	9,990	
Transports dans l'usine.				3,700	
Primes et frais divers.					25,980
Somme des frais spéciaux pour 1.000 kil. de zinc.					267,940
Les frais de traitement seuls sont de.					191,125

La proportion de houille consommée est de :
11,667 pour 1 de zinc brut obtenu;
2,391 pour 1 de calamine lavée.

A la Vieille-Montagne, on ne consomme pas plus de 1,899 de houille pour 1 de minerai lavé; mais si la dépense est moindre en charbon, celle en terre réfractaire et cornues est bien plus forte, de sorte que les frais spéciaux du traitement de 1,000 kil. de minerai sont plus élevés à Angleur qu'à Stolberg.

Pour faire la comparaison, je prendrai les nombres cités dans le mémoire de MM. Piot et Murailhe. (*Annales des mines*, 4e série, t. V.) Les modifications apportées dans le travail à l'usine d'Angleur n'ont pas notablement changé les consommations. Je suppose la houille au même prix, 11 fr. les 1,000 kilog. pour les deux usines.

Frais d'élaboration de 1,000 kil. de calamine :

	Stolberg.	Vieille-Montagne.
	fr.	fr.
Cornues ou moufles	0,941	8,913
Briques, terre, fer, acier, etc.	2,140	6,513
Houille.	22,887	18,477
Main-d'œuvre.	13,020	14,226
Sommes des frais. . .	38,988	48,129

La différence en faveur de Stolberg est de $9^{f},141$. Si on prend les frais d'élaboration rapportés à 1,000 kil. de zinc brut obtenu, ce qui revient à faire abstraction de la différence de richesse des minerais, on a :

	fr.
Pour Stolberg.	195,235
Pour la Vieille-Montagne. .	160,430

L'avantage est pour cette dernière usine; mais il provient de la supériorité du minerai traité, et non de la méthode employée. Le tableau précédent montre que la principale différence entre les deux méthodes provient de la terre réfractaire, dont la consommation est bien plus forte dans la méthode liégeoise que dans la méthode suivie à Stolberg. La main-d'œuvre est à peu près la même, et la différence de consommation de houille est en partie compensée par la qualité supérieure employée dans les fours liégeois.

Pour tenir compte des frais généraux dans le prix de revient du zinc, il faudrait entrer dans quelques détails sur la constitution de la société, les conditions auxquelles les usines et les mines ont été acquises, l'augmentation de leur valeur par suite des grands travaux exécutés, des nouvelles machines installées, etc. Je ne donnerai pas de détail de ces frais généraux qui montent à 100 fr. environ par tonne de zinc. En considérant seulement les frais spéciaux, le prix de revient de 1,000 kilogr. de zinc brut est de $267^{f},94$.

La production de l'année 1845 a été de 3.000 tonnes; elle ne sera pas notablement plus forte en 1846; mais quand les amas de Diepelinchen, Saint-Severin, Wolsgrube, etc., seront en exploi-

tation, le nombre des fours sera beaucoup augmenté, et la production au moins doublée.

Laminage du zinc. — Tout le zinc brut est laminé, soit à Stolberg, soit en France, à Thierceville. A Stolberg, on lamine le zinc pour la consommation locale; et à Thierceville, le zinc vendu à Paris.

Je décrirai le laminage à Stolberg.

Le zinc est amené des fours de réduction en lingots pesant 40 kil. Il est soumis à deux opérations, la seconde fusion, le laminage :

1° Le zinc brut est fondu dans un four à réverbère, et coulé en lingots, qui sont immédiatement dégrossis au laminoir;

2° Les plaques, coupées aux cisailles, sont réchauffées par paquets de 80 kil., et passées entre les cylindres, entre lesquels elles reçoivent leurs dimensions; les bords sont ensuite rognés au moyen de cisailles.

L'atelier comprend : **Matériel.**

Un train de cylindres mus par une machine de 45 chevaux;

Deux fours pour la seconde fusion du zinc;

Un four pour réchauffer les paquets;

Une paire de cisailles pour les plaques ébauchées;

Des cisailles pour les feuilles laminées.

La machine à vapeur est en même temps le moteur du broyage et du pétrissage des terres.

Ces fours à réverbère sont disposés de manière à donner une température peu élevée, et à soustraire le zinc maintenu en fusion tranquille à l'action des courants gazeux de la chauffe et de la porte de travail à la cheminée. Les dimensions **Fours de seconde fusion.**

feur est habile, il ne dépasse pas la température de fusion, et n'atteint pas celle à laquelle le zinc commence à donner des vapeurs notables.

Le zinc est puisé dans le bassin au moyen de cuillers en fer à longs manches, et coulé dans des lingotières en fonte, réunies deux à deux dans le même moule; les dimensions horizontales des lingots sont : $0^m,25$ et $0^m,60$. L'epaisseur varie de $0^m,02$ à $0^m,04$. Il faut quatre moules pour les deux fours de fusion. Lingotières.

On s'est servi jusqu'à la fin de l'année 1845, pour réchauffer les paquets de feuilles dégrossies, d'un four à réverbère placé dans l'atelier même. La disposition de ce four était à peu près semblable à celles des fours de seconde fusion, avec ces différences que la sole était horizontale et la porte de chargement plus large. Les dimensions principales étaient les suivantes : Four à réchauffer.

La grille avait $0^m,50$ de côté; elle était à $0^m,50$ au-dessous du pont, et la voûte à $0,^m10$ seulement au-dessus du pont. Ce dernier avait $0^m,25$ de longueur, et sa largeur allait en croissant, de la grille à la sole, de $0^m,50$ à $1^m,00$. La sole horizontale et rectangulaire avait $1^m,25$ de longueur et $1^m,15$ de largeur. La voûte était élevée de $0^m,35$ au-dessus de la sole. La porte avait $0^m,25$ de hauteur et toute la largeur du four. Une table en fer, large de $0^m,60$, placée devant la porte au niveau de la sole, servait à la manœuvre des paquets. L'orifice du rampant était à la voûte près de la porte, et la cheminée élevée de 2 mètres.

Les paquets étaient supportés dans le four sur deux patins disposés suivant la longueur de la sole.

A ce système on a substitué, au commencement de 1846, un four analogue à ceux dont on se sert

génieuse. Elles consistent en deux disques verticaux en acier, épais de $0^m,02$, de $0^m,18$ de diamètre, se touchant sur une hauteur d'environ $0^m,02$; ils sont montés sur deux axes horizontaux parallèles, se conduisant l'un l'autre par un engrenage à deux roues dentées égales : la machine à vapeur du laminoir transmet le mouvement à l'axe inférieur au moyen d'une courroie sans fin; un petit volant est fixé à l'extrémité du même axe.

Tout le système, porté par un fort châssis en fonte, est placé à l'extrémité de deux rails parallèles sur lesquels peut rouler librement un petit chariot en fer. Ce dernier porte une plate-forme rigoureusement plane et horizontale, sur laquelle on fixe, au moyen de pinces, les feuilles de zinc successivement dans deux positions perpendiculaires. Les parties des feuilles qui dépassent le bord de la table, engagées entre les disques, sont coupées, et le frottement des jantes des disques suffit pour faire avancer le chariot.

Personnel. Les postes sont de douze heures et composés de : un chauffeur pour la machine à vapeur; un chauffeur pour le four de seconde fusion ; un fondeur et son aide; un cisailleur; un chef lamineur et deux aides.

Tous ces hommes sont payés ensemble $12^f,00$ pour 1.000 kilog. de zinc laminé. Ils doivent être tous actifs et intelligents, surtout le chef lamineur, dont l'habileté a la plus grande influence sur la quantité de zinc laminé dans un poste.

Travail. *Refonte du zinc.* — La charge d'un four de seconde fusion est de 1.500 kil. Dès qu'elle est introduite, on ferme bien la porte, et on élève progressivement la température jusqu'au rouge som-

bre, mais sans dépasser ce degré. Le zinc fond sans s'enflammer, et coule dans le bassin à l'extrémité du four. On doit maintenir pendant quelques heures le métal en fusion tranquille, afin de permettre au plomb de se séparer en tombant au fond par suite de sa plus grande densité. Dix heures après le chargement on commence la coulée. On puise le métal avec une cuiller en fer et on le coule dans les moules (1). Les lingots se refroidissent assez rapidement ; quand ils sont arrivés à 150° ou 160°, ils sont ébauchés, c'est-à-dire passés à une vingtaine de reprise entre les cylindres, de manière à augmenter leur plus petite dimension jusqu'au delà de la largeur que doivent avoir les feuilles.

Les bords des feuilles ébauchées sont coupés aux grosses cisailles.

Il faut douze heures pour la seconde fusion et l'ébauchage d'une charge de 1.500 kil., ou vingt-quatre heures pour 3.000 kil. Un four ne brûle pas plus de 500 kil. de houille menue en vingt-quatre heures, soit 1/6 du zinc dégrossi.

On évalue la perte par volatilisation et oxydation à 2 p. o/o. La perte résultant des crasses, des bavures et des derniers lingots plombeux, est plus forte. Je regrette de ne pas pouvoir donner de nombre exact pour cette perte.

Les feuilles dégrossies sont réunies en paquets pesant 80 kil. introduits successivement dans le four à réchauffer. Dans l'ancien four, on ne char- Laminage.

(1) Le minerai contenant un peu de galène, le zinc est un peu plombeux, mais le plomb se rassemble assez vite dans la fusion au fond du bassin ; les derniers lingots puisés à la cuiller ne peuvent pas être laminés, ils sont mis de côté et vendus tant bien que mal.

Les feuilles terminées sont portées aux cisailles, et taillées aux dimensions déterminées. Elles vont ensuite au magasin, où elles sont pesées, numérotées et timbrées.

La proportion des rognures est considérable; elle atteint 25 p. o/o. Ces rognures sont jetées dans les bassins des fours de seconde fusion.

Je donne le tableau des numéros, dimensions et poids des feuilles de zinc demandées par le commerce. La longueur est invariable, 75 pouces ou $1^m,95$. On n'emploie que deux largeurs : 31 pouces $= 0^m,806$ et $25'' = 0^m,65$. Pour chacune de ces deux largeurs, les numéros répondent à des épaisseurs et poids différents.

GRANDEUR.	NUMÉROS.	POIDS en liv. pruss.	POIDS en kilogram.	GRANDEUR.	NUMÉROS.	POIDS en liv. pruss.	POIDS en kilogram.
		liv.	kil.			liv.	kil.
Longueur : $75'' = 1^m,95$. Largeur : $25'' = 0^m,65$.	8	8 2/3	4,049	Longueur : $75'' = 1^m,95$. Largeur : $31'' = 0^m,806$.	7	8 1/4	3,853
	9	9 7/8	4,620		8	10 3/8	4,845
	10	11	5,137		9	12	5,604
	11	12 1/6	5,684		10	13 1/2	6,304
	12	13 1/8	6,131		11	14 1/8	6,598
	13	14 1/4	6,651		12	15 1/6	7,083
	14	15 3/8	7,180		13	16 3/8	7,647
	15	16 1/2	7,705		14	17 1/2	8,172
	16	17 1/3	8,095		15	18 3/8	8,581
	17	18 5/8	8,698		16	19 7/8	9,30
	18	19 3/4	9,232		»	»	»
	19	20 5/8	9,632		»	»	»
	20	22	10,274		»	»	»

Les frais de ces transports sont (par tonne métrique.)

De Stolberg à Maëstricht. . .	14 fr.
De Maëstricht au laminoir. . .	18
En somme.	32

L'usine de Thierceville comprend deux laminoirs mus par des roues hydrauliques. Les frais de laminage y sont à peu près les mêmes qu'à Stolberg. Les frais de transport du zinc laminé, de Thierceville à Paris, sont de 30 fr.

Le prix de revient du zinc laminé, à Paris, en ne considérant toujours que les frais spéciaux, peut être détaillé comme suit :

	fr.
Zinc brut (1).	281,337
Transport à Thierceville. .	33,600
Frais de laminage.	46,600
Transport à Paris.	30,000
Prix de revient. .	391,537

Le prix de vente à Paris est de 800 fr. par tonne.

Le bénéfice fait par tonne de zinc est, d'après ces nombres : Bénéfice.

	fr.
Pour le zinc laminé à Stolberg. . .	492,010
Pour le zinc laminé en France. . .	408,463

Et le bénéfice total pour 1.000 tonnes laminées à Stolberg et 2.000 tonnes en France, de 1.309.936 fr.; mais il ne faut pas oublier que les frais généraux sont compris dans ce nombre, et qu'on peut les évaluer à 300.000 fr.

---

(1) J'ai reporté dans la valeur du zinc brut la perte dans la seconde fusion et le laminage : ce métal perdu doit en effet être transporté.

La production du zinc sur le continent tend à s'accroître très-rapidement. Les bénéfices énormes réalisés par les sociétés de la Vieille-Montagne et de Stolberg ont donné l'éveil aux spéculateurs; des sociétés nouvelles se sont formées récemment pour l'exploitation et le traitement du minerai de zinc sur les bords de la Meuse, sur les bords du Rhin, et même à Stolberg. Des travaux de recherches sont de nouveau dirigés en France, dans l'Aveyron et dans le Gard; mais ils n'ont pas, jusqu'à présent, conduit à la découverte de gîtes importants. Les usines déjà en activité font tous leurs efforts pour augmenter le nombre de leurs fours, et profiter du haut prix auquel le zinc s'est maintenu depuis quelque temps.

Le traitement de la blende a été entrepris avec succès dans plusieurs usines, et il est bien prouvé maintenant que si certains minerais sulfurés ont donné et donnent de mauvais zinc, on doit l'attribuer soit à l'imperfection du traitement, soit à la présence, dans la blende, de matières étrangères et nuisibles, l'arsenic ou l'antimoine.

RECTIFICATION IMPORTANTE.

SUR LA VILLEMITE,

Par MM. Delesse et Descloizeaux.

Page 212, ligne 7 de ce volume :

Au lieu de : « On observe les clivages perpendiculaires à l'axe du prisme, ainsi que ceux qui sont parallèles aux faces du rhomboèdre obtus. »

Lisez : On observe les clivages perpendiculaires à l'axe du prisme, ainsi que ceux qui sont parallèles aux faces du prisme hexaèdre régulier.

NOTICE

Sur la fabrication du cuivre, à Szaszka, dans le Banat.

(Extrait du Journal de voyage de M. DE CHANCOURTOIS, élève ingénieur des mines; octobre 1844.)

Szaszka occupe presque entièrement une vallée assez profonde, mais très-courte, qui apporte ses eaux à une petite rivière appelée la Néra. Les usines sont échelonnées sur le torrent, au milieu du bourg, et, au delà des dernières maisons, la vallée se termine en patte d'oie par des ravins abruptes, où l'on voit les ouvertures des différentes mines.

Ces mines sont situées, comme toutes celles du Banat, au contact de la syénite et des calcaires ou schistes jurassiques métamorphiques. Les veines métallifères y sont exploitées dans une masse de calcaire lamelleux et de grenat, comme on l'observe aussi dans les autres gîtes de la province. Elles n'offrent pas d'ailleurs des dispositions régulières. Mines.

La principale, celle qui a fait la prospérité de Szaszka, est presque épuisée dans sa partie supérieure, et comme les travaux ne peuvent être approfondis, à cause de l'affluence des eaux, on se propose d'établir l'écoulement à un niveau inférieur, par une nouvelle galerie qui aurait 500 toises de longueur (un peu plus de 1.000 mètres) (1).

(1) La toise dite de Schemnitz employée exclusivement pour la géométrie souterraine vaut $2^{m},0260$; elle se subdivise en 10 pieds, 100 pouces, et 1000 lignes.

avec addition de pyrites, et on obtient les premières mattes ou mattes crues (rohlech).

2° Les premières mattes sont grillées et fondues pour deuxièmes mattes (doppellech).

3° Les deuxièmes mattes grillées sont fondues pour cuivre noir. Les troisièmes mattes (oberlech), produites dans cette opération en même temps que le cuivre noir, sont mêlées pour le grillage avec les deuxièmes mattes, et repassées ainsi à la même fonte.

4° Dans la fonte pour deuxièmes mattes il se forme des espèces de loups ou dépôts ferreux (eisenkloss), assez riches et en quantité assez considérable pour nécessiter un traitement spécial. On les grille à plusieurs reprises, avec addition de pyrites, et on les fond pour mattes (klosslech). Celles-ci sont, comme les troisièmes mattes, réunies aux deuxièmes.

5° Le cuivre noir est affiné au petit foyer, sauf une certaine portion qui est envoyée au fourneau à réverbère de Tsiklova. Les crasses obtenues dans l'affinage sont repassées dans les fontes courantes, ou quelquefois traitées séparément. Ces diverses opérations s'exécutent dans trois usines. L'usine supérieure comprend un haut-fourneau, un bas-fourneau et un demi haut-fourneau; la seconde comprend un demi haut-fourneau et deux bas-fourneaux; la troisième contient un petit foyer et un fourneau à réverbère pour l'affinage du cuivre. **Usines.**

Le haut-fourneau a été récemment reconstruit sur un modèle élégant et plus économique que l'ancienne disposition, en massifs rectangulaires, adoptée généralement en Hongrie. Il est repré- **Haut-fourneau.**

Paris, soit 0^m,738), et à la température de 18° Réaumur (soit 22°,5 centigrades), a donné au manomètre à mercure, situé à 4′ 6″ (1^m,42) des buses, une pression de 10‴ (0^m,0219). D'après ces données on trouve par le calcul que :

La poids du mètre cube d'air comprimé. = 1^k,1915
La vitesse par seconde. . . . . = 70^m,033
La dépense par seconde, en volume. . = 0$^{m.cub.}$,166478
La dépense par minute en poids . . . . = 11^k,9015

Les demi-hauts-fourneaux sont carrés et pyramidaux. Leur forme et leurs dimensions sont indiquées par les deux coupes (fig. 9 et 10). Ils n'ont qu'une seule tuyère inclinée à 4°. On les emploie, concurremment avec le haut-fourneau, pour les fontes crues; mais ils sont moins économiques et doivent être abandonnés. Demi-hauts-fourneaux.

Les bas-fourneaux servent aux fontes pour deuxième matte et pour cuivre noir. Ils n'ont aussi qu'une tuyère, que l'on incline de 2° pour la deuxième matte et de 4° pour le cuivre noir. Leur largeur et leur profondeur sont les mêmes en bas qu'en haut. La hauteur est réglée par la distance de la tuyère au bord supérieur de la poitrine, qui doit être de 5 pieds. Les autres dimensions sont indiquées par les deux coupes (fig. 11 et 12). Bas-fourneaux.

Le foyer d'affinage consiste en un parallélipipède de brasque, de 9′ de largeur sur 4′ 2″ de profondeur, et 3′ de hauteur, adossé à un mur de brique que traverse la tuyère. Celle-ci plonge de 9° et fait saillie sur le mur de 8″,5, de manière à venir à l'arasement de la table; elle a 2″ de diamètre. Le creuset, écarté du mur de 6″, a 2′ 4″ de diamètre et 9″ de profondeur. Foyer d'affinage.

Le petit fourneau à réverbère de Szaszka est de construction vicieuse, et n'a été établi que pour

Dans une épreuve faite au coke on a consommé 49 1/2 metzen (1), soit 8 maas 1/4, pour 100 centner de minerai et pyrite, c'est-à-dire qu'un volume de coke fait le même effet que 3,21 de charbon.

Les campagnes durent environ un mois. Lorsque l'on met hors feu, la brasque est agglomérée, et les débris de la partie supérieure (krätze) contiennent 1 1/2 à 3 p. o/o de cuivre; mais ce sont des produits de peu d'importance, puisqu'on ne les recueille qu'une fois par mois.

Grillage des mattes crues. Le grillage des mattes crues se fait en 4 feux, par tas de 300 centner ($168^{q.m.}$,15), avec une consommation pour chaque tas de 1 1/2 toise cube ($10^{m.cub.}$,234) de bois, et 3/4 de maas ($0^{m.cub.}$,368) de charbon, soit en poids $1^{ct.}$,40 (78^{k},50).

Fonte pour deuxième matte. On ne pèse pas les mattes après le grillage, et on compose le lit de fusion d'après la quantité de matte crue mise dans les tas. J'indiquerai donc les poids de matte non grillée, auxquels on rapportera également les rendements.

Le lit de fusion de la fonte pour deuxième matte est comme suit :

	POIDS.	TENEUR EN CUIVRE	
		p. 100.	totale.
Matte crue	ct. 100,00	11,7	ct. 11,70
Débris de fourneau (krätze) de la même fonte	1,00	6,5	0,065
Quartz	4,50	»	»
Scorie vitreuse du haut-fourneau	3,60	traces.	»
Somme.	109,10		11,765

(1) Le metzen est le 1/6 de la maas.

On passe en 12 heures 28$^{ct.}$,78 (16$^{q.m.}$,13) de matte seule, ou 31$^{ct.}$,40 (17$^{q.m.}$,70) de lit de fusion, et on consomme en charbon :

	MAAS.		MÈTRES cubes.	
Pour 100 ct. de matte crue	32,10	pour 100 q. m.	27,930	soit en poids 60,03 p. 0/0
Pour 100 ct. de lit de fusion	29,18	Id.	25,389	Id. 54,61 p. 0/0

L'essai au coke a donné une consommation de 55 3/4 metzen, soit 9 1/4 maas, pour 100 centner de matte crue; donc, dans cette fonte, un volume de coke a fait l'effet de 3,45 de charbon.

On obtient pour 100 centner de matte crue, 31$^{ct.}$,7 de deuxième matte, dont la richesse varie de 25 à 40 p. o/o. Mais la matte n'est pas le seul produit important par sa teneur en cuivre.

La fonte se fait au bas-fourneau; malgré cela, le fer se réduit en telle proportion, qu'au bout de trois ou quatre jours le bassin est rempli par un loup (eisenkloss), et qu'on doit mettre hors feu. On ouvre donc la poitrine, on retire le loup, et on le brise pendant qu'il est encore chaud; puis on refait la brasque et on remet en feu. Il n'y a en tout que 8 heures d'interruption. Mais le plus grand inconvénient de ces courtes campagnes, est de rendre les produits accessoires très-importants comparativement à la matte. En effet on obtient pour 100 centner de matte crue 8$^{ct.}$,89 de loups, contenant 6 à 10 p. o/o de cuivre, et 0$^{ct.}$,85 de débris de fourneau, tenant 5 à 8 p. o/o.

Les débris de fourneau sont repassés intégralement dans la même fonte, comme on le voit par

On passe en 12 heures 33ct.,97 (19q.m.,04) de deuxième matte, ou 43ct.,19 (24q.m.,21) de lit de fusion, et on consomme en charbon :

	MAAS.		MÈTRES cubes.	
Pour 100 ct. de deuxième matte.	34,60	pour 100 q.m.	30,105	soit en poids 64,70 p. 0/0
Pour 100 ct. de lit de fusion	27,21	Id.	23,675	Id. 50,88 p. 0/0

Un essai au coke a donné une consommation de 62 1/4 metzen, soit 10 3/8 maas; donc, dans cette fonte, 1 volume de coke fait l'effet de 3,09 de charbon.

On produit pour 100 centner de deuxième matte :

	TENEUR EN CUIVRE pour 100.			CUIVRE total.
	Minimum.	Maximum.	Moyenne.	
1° 31ct.,35 de cuivre noir. . . .	90	96	93	ct. 29,155
2° 6ct.,9 de troisièmes mattes. .	50	65	57,5	3,967
3° 2ct.,25 de débris de fourneau.	10	15	12,5	0,35

Ces nombres se rapportent à la fonte dans un bas-fourneau. La tuyère plonge de 4° et on marche avec un nez obscur. On évite, par cette allure, la formation des loups. Quand ils se produisent, ce qui est très-rare, ils contiennent 12 à 20 p. 0/0 de cuivre.

Les campagnes durent une semaine. On cherche à avoir une fonte très-régulière, et une scorie très-

champ, ce qui deviendrait impossible après le refroidissement. On les grille ensuite à quatre feux en tas de 800 à 1200 centner (448 à 673 quint. mét.), avec addition de pyrites à chaque feu, savoir :

Pour le premier feu.	20 p. 0/0
Pour le deuxième. .	18 p. 0/0
Pour le troisième. .	16 p. 0/0
Pour le quatrième. .	12 p. 0/0
Total.	66 p. 0/0

On fond ensuite la matière grillée au bas-fourneau, avec addition de quartz et de pyrite, de manière à ce que le lit de fusion soit comme suit :

	POIDS.	TENEUR EN CUIVRE	
		p. 100.	totale.
	ct.		ct.
Loups (eisenkloss)	100,0	8,00	8,00
Pyrite (y compris les parties ajoutées au grillage).	80,0	0,50	0,40
Quartz.	6,7	»	»
Scorie de la fonte pour deuxième matte. .	14,0	0,25	0,035
Somme. . .	200,7		8,435

On passe par 12 h. 25ct,81 (14q.m,46) de loups et pyrites,
Ou bien : 28ct,44 (15q.m,90) de lit de fusion.
En consommant en charbon :

	MAAS.		MÈTRES cubes.	
Pour 100 ct. de loups.	54,40	pour 100 q. m.	47,377	soit en poids 101,73 p. 0/0
Id. de loups et pyrite. . .	30,20	Id.	20,277	Id. 56,47 p. 0/0
Id. de lit de fusion. . .	27,06	Id.	23,545	Id. 50,60 p. 0/0

La comparaison des lignes 2 et 4 montre que la consommation de charbon par opération est à peu près constante, tandis que la charge de cuivre noir varie au contraire du simple au double. La charge la plus forte correspond évidemment au cuivre noir le plus pur; cependant, on voit que le rendement en cuivre rosette n'est que de 75 p. o/o, au lieu qu'il est de 80 p. o/o pour la la charge la plus faible. Les fortes charges présentent donc, sous le rapport du rendement, un désavantage qui compense en partie l'économie de combustible qu'elles procurent. La diminution du rendement n'est pas d'ailleurs une perte absolue, puisqu'on retrouve le cuivre dans les crasses. Le cuivre noir contient de 90 à 96 p. o/o de cuivre pur; il donne en cuivre rosette, moyennement 78 p. o/o; la différence passe dans les crasses d'écumage (gaarkrätze et gaarschlacke), dont la richesse est de 25 p. o/o.

Les rosettes viennent d'autant plus minces que le cuivre est plus pur. On peut, sur 5^{ct},5, en lever 60 à 70, et la dernière, qu'on appelle *le roi du cuivre*, ne pèse alors que quelques loth.

Affinage au fourneau à réverbère.

Le reste du cuivre est affiné au fourneau à réverbère hongrois; voici les consommations et rendements dans la même année :

(Voir le tableau ci-après, p. 570.)

	Cuivre noir.	Cuivre rosette.	Résidus de coulée.	Crasses d'écumage.	Dépôt des bâches.	Débris de sole.	Charbon.	Bois.
	ct.	ct.	ct.	ct.	ct.	ct.	maas.	kl.
4e trimestre.	473,00	397,98	4,75	110,00	9,00	22,00	30,00	18,000
Pour 1 ct. de cuivre noir.	1,00	0,841	0,010	0,232	0,019	0,046	0,064	0,038

Traduction en mesures métriques.

	q. m.	q. m.	q. m.	q. m.	q. m.	q. m.	m. c.	m. c.
4e trimestre.	265,11	223,06	2,662	61,65	5,04	12,33	14,630	122,803
Pour 1 q. m. de cuivre noir.	1,00	0,841	1,010	0,232	0,019	0,046	0,055	0,463

Les richesses des produits accessoires sont les suivantes :

Résidus de coulée (spür kupfer).. . . . 75 à 89 p. 0/0
Crasses d'écumage (spleiss abzüge).. . 38 à 40 p. 0/0
Dépôt des caisses de refroidissement (kasten schlamm). 26 p. 0/0
Débris de sole (herd). . . . . 25 p. 0/0

Les différents produits d'affinage sont ordinairement passés dans les fontes courantes, mais quelquefois on les fond à part avec addition de pyrite, de manière à produire des mattes contenant 22 à 30 p. 0/0 de cuivre ; ces mattes sont mêlées aux deuxièmes mattes.

Personnel. Le service des fourneaux se fait toujours en deux postes, qui sont composés chacun comme suit :

1° Pour le haut-fourneau ou le demi-haut-fourneau. . . . . .
- 1 fondeur.
- 1 aide.
- 2 porteurs.
- 2 mesureurs.

2° Pour chaque bas-fourneau. .
- 1 fondeur.
- 1 porteur.

3° Pour le petit foyer. . . . . . { 1 affineur. 1 aide.

4° Pour le fourneau à réverbère. { 1 maître affineur. 1 aide. 2 porteurs.

Je terminerai cet exposé par quelques renseignements sur les prix des matières premières et de la main-d'œuvre, ainsi que sur l'économie des mines et des usines. Prix des matières premières.

Le prix d'extraction du minerai payé aux ouvriers est d'environ 12 fl. (1) par centner de cuivre contenu (55fr.,612 pour 1 quint. mét.).

Le bois est acheté actuellement aux forêts de la frontière militaire; il coûte 3 fl. 3 kr. la corde ou toise cube (1fr.,161 le mèt. cub.); le charbon de même provenance coûte 23kr.,5 la maas (2fr.,086 le mèt. cube).

Les prix de main-d'œuvre pour les différentes fontes, sont : Prix de main-d'œuvre.

	kr.	pour 1 q.m. fr.
pour 1 centner de minerai et pyrite.	1,39	(0,107)
— de 1re matte.	1,56	(0,123)
— de 2e matte. . . { au demi-haut fourneau.	1,31	(0,101)
— de 2e matte. . . { au bas fourneau. . . .	1,36	(0,105)
— de cuivre noir au petit foyer	6,84	(0,541)
Pour le cassage de 1 ct. de loups.	2,4	(0,185)

La fonte des loups est assimilée à la fonte pour deuxièmes mattes.

Le gouvernement intervient directement, de deux manières, dans l'exploitation métallurgique. D'un côté, il est propriétaire d'une partie des actions de mines, et il exploite, à intérêt commun, Économie des mines et des usines.

(1) Le florin vaut, au pair, 2f,5975; il se divise en 60 kreutzer.

avec les propriétaires particuliers ; de l'autre, il est seul propriétaire des usines, où il fait fondre les minerais, par ses officiers, à certaines conditions.

Tous les minerais apportés à l'usine sont essayés. Ils ne sont reçus que lorsqu'ils contiennent plus de 1,5 p. o/o. Ceux qui sont moins riches sont employés avantageusement comme fondants, ainsi que nous l'avons vu, mais les premiers sont seuls portés en compte, à raison de 42 florins par centner de cuivre contenu, déduction faite de 3 p. o/o que l'on admet devoir être perdus dans les fontes (soit 194f,642 pour 1 q. m.)

Sur la somme totale provenant de cette évaluation, on fait, pour les différentes fontes, les retenues suivantes, calculées d'après les prix indiqués plus haut, et les autres éléments de dépense.

		Pour 1 q. m.
		f.
Pour la fonte crue, par centner de minerai. . .	0 fl. 18 k.	(1,390)
Pour les autres fontes, par centner de cuivre manipulé, déduction faite des 3 p. 0/0 de perte. .	6 fl. 0 k.	(27,806)

Ces retenues constituent le fond de roulement de l'usine.

Si, après qu'elles sont prélevées, on déduit de ce qui reste les frais d'extraction et les frais généraux de l'exploitation, on obtient le gain des propriétaires des mines, qui s'est élevé, pendant les huit dernières années, à 6.000 florins (15.600 fr.) par an.

Prix de revient. D'après ces chiffres, on peut calculer approximativement le prix de revient, en prenant pour base la consommation de 100.000 centner de minerai.

100.000 ct., à une richesse de 1,9 p. o/o, don-

nent, déduction faite des 3 p. o/o de perte au feu, 1.843 ct. de cuivre, dont la valeur, à raison de 42 fl. le ct., est de 77.406 fl. Les dépenses de fonte sont : pour la fonte crue, 30.000 fl.; pour les autres fontes, 11.053 fl. ; si l'on y ajoute le gain de 6.000 fl., la dîme du 1/17 de cuivre perçue par le gouvernement, soit 4.553 fl., et les frais d'extraction du minerai, on doit reproduire la somme de 77.406 fl., d'où l'on déduit, pour les frais d'extraction des 100.000 ct., 30.348 fl. Enfin, la somme des dépenses de fonte et d'extraction, soit 66.853 fl., divisée par le poids du cuivre, 1.843, donne, pour prix de revient du centner, 36 fl. 16kr.,4 (168f,102 le quintal métrique).

Observations.

Ordinairement, le cuivre produit excède un peu la quantité calculée d'après les essais; les dépenses sont aussi un peu plus fortes que les retenues ; la différence du boni et de l'excès de dépenses vient, suivant son signe, accroître ou diminuer le gain de l'exploitation.

Le gouvernement perçoit la dîme du 1/17 du métal ; il gagne ensuite beaucoup sur la vente du cuivre ; mais il doit couvrir, avec ce double bénéfice, l'intérêt du capital d'établissement, celui de ses avances, la dépense de son administration, etc., et il est probable que, tout compte fait, les mines de Szaszka, comme toutes celles du Banat, lui rapportent fort peu. Leur exploitation a toutefois l'avantage de faire vivre une population intelligente, et de créer annuellement une certaine valeur métallique.

Production annuelle.

La production, dans les dernières années, a été de 1.800 ct. (1.008 q. m.) à 2.000 ct. (1.121 q. m.), dont 3/4 en cuivre rosette, expédié à

Vienne, et 1/4 coulé en pains pour la consommation locale et l'exportation dans les principautés valaques.

L'exploitation est, du reste, comme je l'ai déjà dit, dans un état provisoire. Il y a tout lieu d'espérer que l'approfondissement des travaux fera reparaître le minerai sulfureux en assez grande abondance. Le traitement métallurgique se modifiera alors nécessairement; mais celui que l'on pratique à présent ne m'en a pas moins paru digne d'intérêt, précisément à cause de la lutte que l'on soutient contre la pauvreté croissante du minerai, sans pouvoir s'aider des préparations mécaniques, pour lesquelles on manque d'eau, et auxquelles, d'ailleurs, la nature du minerai non sulfureux ne pouvait se prêter.

Essai des minerais très-pauvres.

La méthode d'essai par le grillage et la réduction au flux noir cesse d'être applicable pour la plupart des minerais de Szaszka, à cause de leur extrême pauvreté. Le métal ne peut se rassembler en bouton. On a donc recours, pour déterminer leur teneur en cuivre, à un artifice qui est très-simple, et donne de très-bons résultats.

On a reconnu que si l'on coupellait des alliages de plomb et de cuivre, très-pauvres en cuivre, la couleur de la coupelle variait du jaune au vert avec la proportion de cuivre, et restait constante pour la même proportion jusqu'à 3 p. 0/0; au delà, la teinte devient grise et uniforme.

On forme donc une échelle de coupelles avec des alliages où la proportion de cuivre varie par 1/4 p. 0/0 depuis 1/4 jusqu'à 2 1/2 p. 0/0. Ensuite, pour faire l'essai, on fond un centner (réduit) de minerai ou de matte grillée avec 1 centner

de plomb pur, et on coupelle le culot obtenu, qui s'est emparé de tout le cuivre.

Le rapprochement de la coupelle avec celle de l'échelle dont la teinte est la plus semblable, indique la teneur à moins de 1/4 p. o/o près.

Cette méthode, adoptée après de nombreux essais, a toujours été trouvée exacte. Elle est très-simple et n'exige que peu d'habitude, car la variation des teintes est assez tranchée.

Légende explicative pour les figures 1 à 5 de la Pl. X qui représentent le haut-fourneau de Szaszka (voyez les pages 557 à 559 du texte).

A. Chemise réfractaire en syénite.
B. Massif de maçonnerie ordinaire.
C. Passages voûtés pour les porte-vents.
D. Mur d'appui.
E. Ouvertures voûtées en briques réfractaires pour les tuyères.
F. Chambre du gueulard.
G. Cheminée.
a, *b*, *c*, *d*, *e*, *e'*, *f*, *f'*, *g*, *h*, *i*, *k*, *l*. Périmètre de la base.
m. Évents longitudinaux ralliant les évents du massif et le réseau des fondations.
n. Évent spécial pour les vapeurs de la sole.
o, *o'*, *o''*, *o'''*. Périmètre de l'ouvrage.
p. Couche de sable entre le massif et la chemise.
q. Galerie du gueulard.
r. Évents latéraux du massif.
s. Armature du gueulard.
t. Lit de scories sous la sole.
u. Sole en briques.
v. Armatures de la poitrine.

NOTICE

Sur le traitement des minerais de cuivre et d'argent, et sur la séparation, par amalgamation, de l'argent contenu dans le cuivre noir, à Tsiklova, dans le Banat.

(Extrait du Journal de voyage de M. DE CHANCOURTOIS, élève ingénieur des mines, octobre 1844.)

Toutes les mines du Banat (1) se trouvent situées sur une même ligne, qui est dirigée, à peu près exactement, du Nord au Sud, et qui coupe, près de la plaine, les premiers contreforts occidentaux du massif montagneux. Ces contreforts sont formés par le terrain jurassique métamorphique, reposant sur le terrain de transition, et dans le fond des petites vallées qui les séparent, apparaissent des masses syénitiques. C'est auprès de la syénite que l'on rencontre d'épais filons d'une roche de calcaire et de grenat, qui pénètrent dans les couches, schisteuses ou calcaires, des terrains métamorphiques, et contiennent ordinairement des veines métallifères. La nature des veines est le seul élément géognostique qui varie avec la localité. **Gisement.**

A Tsiklova, la principale mine fournit du mispickel argentifère, mélangé de pyrite cuivreuse. Les autres, au nombre de quarante environ, mais beaucoup moins importantes, fournissent seule- **Minerais.**

(1) Moldova, Szaszka, Tsiklova, Oravicza, Dognatska, Eisenstein près de Boksan.

ment de la pyrite cuivreuse très-pauvre, non argentifère et très-rarement aurifère.

Le minerai de mispickel contient en moyenne 30 p. 100 d'arsenic et 3 *quent* (1) d'argent au *centner*, soit 0,000234; de plus, la pyrite qui l'accompagne lui donne une richesse en cuivre qui s'élève jusqu'à 10 p. 100.

Autrefois, on le fondait à part et on produisait, avec les mattes, des régules qui enlevaient une partie de l'arsenic. On traitait ensuite les mattes par le plomb pour séparer l'argent; mais l'extraction et la purification du cuivre restaient fort difficiles.

Dans la méthode actuelle, on mêle ensemble tous les minerais, arsenicaux et pyriteux (sauf ceux qui sont aurifères).

Le minerai mélangé contient alors en moyenne 2,5 p. 100 de cuivre, et un peu moins de 1 quent d'argent au centner (45 ct. contiennent 40 quent), soit 0,000069.

Le traitement qu'il subit se divise en trois groupes d'opérations :

1° Les fontes par lesquelles on obtient le cuivre noir;

2° Les manipulations de l'amalgamation pratiquée sur le cuivre noir pour en extraire l'argent.

3° La revivification du cuivre et son affinage.

§ I. *Production du cuivre noir.*

La fabrication du cuivre noir demande trois

---

(1) Le centner, ou quintal autrichien de 100 livres, pèse 0q.m.,56048; la livre, ou pfund, se divise en 2 marcs; le marc, en 16 loth; le loth, en 4 quent; le quent, en 4 deniers.

fontes, une fonte crue, une fonte de concentration des mattes et une fonte au cuivre.

Fonte crue.

La fonte crue se fait au haut-fourneau. On passe par 24 heures 100 à 150 centner (56 à 84 q. m.) de minerai, sans aucune addition. Le rendement est de 30 p. 100 de premières mattes, contenant 7 à 9 p. 100 de cuivre. La consommation de charbon est de 12 maas (1) pour 100 ct. ($10^{m. cub.}$,441 pour 100 q. m.) : soit en poids, environ 20 p. 100.

Les scories ont une richesse insignifiante et sont rejetées. La campagne dure deux ou trois semaines.

La chemise du haut-fourneau est en schiste micacé, et il n'y a qu'une seule tuyère. Quant aux dimensions, elles sont les mêmes qu'à Szaszka (p. 557). Je renverrai donc au dessin que j'ai donné pour cette localité, et j'insisterai seulement sur une disposition du montage du feu, particulière à la fonte de Tsiklova.

Dans cette opération, on a simplement pour but de liquéfier toutes les matières, afin d'en amener la séparation par ordre de densité; on cherche à conserver le plus possible de soufre et même d'arsenic, pour protéger le cuivre et l'argent contre l'action dissolvante des scories; enfin, on veut éviter la réduction du fer qui rend les mattes basiques, et nuit beaucoup dans la fonte de concentration subséquente.

Disposition particulière du fourneau.

Pour remplir ces conditions, on laisse à la place de l'œil une ouverture carrée de 5″ à 6″, par laquelle s'échappe la majeure partie des gaz. Il en résulte, d'abord que la partie supérieure du four-

(1) Voir la note sur Szaszka pour la conversion des mesures, p. 556.

p. 100 de cuivre, en consommant 15 maas de charbon pour 100 ct. (13$^{m. cub.}$,051 pour 100 q. m.), soit en poids 25,5 p. 100.

Dans l'indication de ces rapports, on considère toujours le poids de la matte pris avant le grillage.

Le règlement de fonderie n'accorde que 12 maas, comme pour la fonte crue, mais on a toujours une consommation supérieure. Les quantités passées par jour sont à peu près les mêmes que dans la fonte crue. La durée des campagnes varie entre une et deux semaines. Les scories sont des silicates basiques.

Lorsque la première matte est trop riche en fer, ou qu'elle a été trop grillée, il se forme des loups ferreux contenant un peu de cuivre et d'arsenic. On doit donc sonder fréquemment le fourneau. Quand on s'aperçoit à temps de leur production, on tâche de les manger, en ajoutant de la pyrite dans les charges; mais dès qu'ils ont atteint un certain développement, cela devient impossible, et on est bientôt réduit à mettre hors feu. Loups.

Deux trous percés dans la poitrine, un peu au-dessous du niveau de la tuyère, servent aussi à connaître l'état du fourneau et à régler en conséquence les charges qui sont toujours jetées latéralement.

Les deuxièmes mattes sont grillées à 12 feux, et au cinquième, on ajoute un peu de charbon pour réduire les arséniates.

Les deuxièmes mattes grillées sont fondues dans un demi-haut-fourneau semblable au précédent, avec 12 p. 100 de quartz ou de scorie de fonte crue; elles rendent le cuivre à l'état de cuivre Fonte pour cuivre noir

Le tableau suivant présente, en résumé, les proportions et les richesses, en cuivre et en argent, des produits consécutifs que l'on obtient dans la fabrication du cuivre noir argentifère. Les richesses sont calculées sans tenir compte de la perte au feu, qui est peu importante, et se transforme même, le plus souvent, en gain apparent, parce que le rendement en grand est toujours plus avantageux que l'essai. Elles sont indiquées en notations allemandes et en décimales. Résumé des fontes.

	POIDS résultant de 1000 centner de minerai.	RICHESSE en cuivre ♀ p. 100.	RICHESSE en argent ☽. Au centner.				RICHESSE en argent ☽. Décimales.
	ct.		l.	q.	d.	1/4	
Minerai.	1000	2,40	»	»	3	2	0,0000695
Première matte. . .	300	8,00	»	2	3	3	0,0002315
Deuxième matte. . .	99	24,24	2	»	3	3	0,0007015
Troisième matte. . .	4,80	40,00	3	2	»	2	0,0011575
Cuivre noir.	25,38	87,00	8	»	»	3	0,0025175

On se sert actuellement de coke pour les trois fontes; mais dans les indications qui précèdent, les consommations ont été transformées en charbon de bois par le calcul. On a reconnu que, pour l'économie, les deux combustibles donnaient le même résultat, et on emploie le coke seulement pour ménager les forêts. Il provient des houillères voisines de Steuerdorf, et est fabriqué sur la mine.

Les prix de revient à l'usine de Tsiklova sont :

La toise cubique (klafter) de bois. 5 fl. 36 k. (2f,13 le mètre cube.)
La maas de charbon. . . . . . 0 fl. 31 k. (2f,75 le mètre cube.)
La metzen de coke. . . . . 0 fl. 10 k. 2/5 (5f,54 le mètre cube.)

§ II. *Amalgamation.*

Les cuivres noirs, qui sont soumis au procédé d'amalgamation sont ceux de Tsiklova même et de Dognàtska. Ceux d'Oravicza contiennent bien de l'argent, souvent même jusqu'à 3 loth au centner (0,00094); mais la quantité est encore trop faible pour être séparée, et ils sont livrés tels quels au commerce.

La richesse minimum, au-dessous de laquelle il n'y a plus bénéfice à retirer l'argent, est de 4 loth (0,00125).

La richesse maximum, c'est-à-dire celle au-dessus de laquelle l'amalgamation cesse d'être avantageuse, et doit être remplacée par une fonte au plomb, est de 14 loth (0,00437) pour les cuivres de Tsiklova, et de 10 loth (0,00312) seulement pour ceux de Dognàtska, qui sont toujours plombeux. Ces cuivres contiennent actuellement en moyenne 8 loth (0,00250); ils sont donc dans les conditions voulues.

Le procédé d'amalgamation se divise en quatre opérations : la pulvérisation, la chloruration, l'amalgamation proprement dite, et la distillation.

Pulvérisation. Pour la pulvérisation, le cuivre noir est chauffé à la température la plus élevée qu'il puisse supporter sans fondre, et soumis à l'action d'un bocard ouvert par devant, dont les pilons et la sole sont en fonte dure. Quand il est refroidi, les pilons ne produisent presque plus d'effet, on le retire alors avec un râteau et un balai, et on le tamise sur un crible métallique serré. On sépare ainsi les fragments grossiers qui sont réchauffés et bocardés de nouveau. Ce travail s'est fait jusqu'à présent dans un atelier spécial; mais

on va maintenant transporter les bocards auprès des fourneaux, de manière à bocarder immédiatement après la coulée, et économiser ainsi les frais de réchauffage. On ne peut déterminer la perte de l'opération, à cause de l'oxydation partielle du cuivre.

Chloruration.

La chloruration est la partie du traitement la plus délicate; elle se pratique de la manière suivante : le cuivre pulvérisé est mélangé avec 10 p. 100 de sel marin et 3 à 4 p. 100 de pyrite, s'il contient du plomb, de troisième matte, s'il n'en contient pas. C'est le cuivre de Dognàtska qui introduit du plomb, car il en contient souvent jusqu'à 12 p. 100, et on a reconnu que, si l'on n'ajoute pas de la pyrite, il reste jusqu'à 2 loth d'argent après l'amalgamation.

Condition particulière à Tsiklova.

L'addition de matières sulfurées est ce qui distingue le procédé de Tsiklova de celui de Schmölnitz, où l'on traite aussi le cuivre noir argentifère par le mercure. On en trouve la raison dans le mode de coulée du cuivre noir. Il paraît qu'à Schmölnitz le trou de coulée est assez élevé au-dessus du bassin de réception. Le cuivre et la matte se mêlent en tombant, et ne sont plus ensuite assez fluides pour se séparer d'une manière complète. Le cuivre noir contient donc déjà, en mélange mécanique, une certaine proportion de matte. C'est pourquoi il est inutile d'en ajouter. A Tsiklova, au contraire, on préfère couler très-bas, de manière à bien séparer le cuivre noir, et ajouter ensuite la quantité de matte nécessaire.

La présence d'une certaine quantité de sulfure de fer est toujours indispensable pour la chloruration, et d'après ce principe, on conçoit que, dans le cas où il y a du plomb, on doive augmenter

métaux sont oxydés, et le soufre et l'arsenic sont transformés en acides sulfurique et arsénique qui se combinent avec les oxydes. Dans le coup de feu, il y a réaction des sulfates et arséniates sur le chlorure de sodium, production de sulfate de soude et de chlorures métalliques, parmi lesquels le chlorure d'argent et une partie du chlorure de cuivre peuvent seuls subsister, puisque celui de fer se décompose facilement par le grillage; mais en même temps, il y a perte par la volatilisation de ces deux chlorures. Une partie de l'arsenic suit le soufre; le reste est dégagé, et sans doute cette opération, outre son but principal, a encore une grande importance pour l'épuration du cuivre définitif. Le second coup de feu ne fait que terminer la réaction, en renouvelant le contact des molécules qui ont pu y échapper la première fois.

On voit que les réactions sont, en principe, les mêmes que dans les chlorurations ordinaires; elles diffèrent cependant par quelques points : 1° dans la condition particulière où l'on se trouve, d'avoir une matière désulfurée, il serait absurde d'ajouter un excès de réactif sulfurant, pour le détruire ensuite; on n'en met donc naturellement que la quantité nécessaire, mais aussi il faut conduire l'opération avec beaucoup de soin, afin de l'utiliser complétement en transformant tous les sulfures en sulfates. 2° La proportion du cuivre, par rapport à l'argent, étant beaucoup plus grande que dans les amalgamations de mattes, on est obligé de forcer la quantité de réactif chlorurant pour atteindre la totalité de l'argent; c'est-à-dire qu'en réalité, il faut, pour chlorurer tout l'argent, chorurer aussi une partie du cuivre; le chlorure

50 p. 0/0, ce qui est assez considérable; on ne connaît pas bien dans quelle proportion y contribuent les réactions chimiques et l'entraînement mécanique.

On traite chaque année à Tsiklova environ :

	ct.	q.m.
Cuivre noir de Tsiklova même. .	1.500	(840)
— de Dognatska. . . .	400	(224)
— de Szaszka.	100	(56)
	2.000	(1.120)

Le fond de mercure est de 15 centner (840 k.). On n'emplit jamais plus de 3 tonneaux à la fois, ce qui emploie 12 centner; l'excédant de 3 cent. (168 kilog.), représente la consommation de 2.400 centner de cuivre noir; il est donc plus que suffisant, puisque l'usine ne traite que 2.000 cent.

Production en argent.

Les 2.000 ct., ayant une teneur moyenne de 8 loth (0,0021), donnent pour l'argent total.	500 livres.
La perte d'amalgamation est de 5 p. 0/0, soit.	25
Reste. . .	475
Le cuivre contient encore environ 1 quent au centner (0,000078), soit pour 2000 ct.	15,5
Reste pour l'argent produit. .	459,5

ou environ 920 marcs ($257^{k},6$). La production annuelle varie autour de ce chiffre. Son minimum est de 500 marcs (140 kilog.), son maximum est de 1.200 marcs (336 kilog.).

Personnel.

Tous les travaux d'amalgamation se font en hiver et sans interruption, pour profiter de l'eau comme force motrice.

Ils emploient :

8 ouvriers, en deux postes, pour chacun des deux fourneaux de chloruration;

2 ouvriers pour le service des meules;

3 anquickers ou amalgameurs pour le service des tonneaux;

2 manœuvres;

1 maître d'amalgamation.

§ III. *Revivification du cuivre.*

Fonte pour cuivre noir.

Les schlamms de l'amalgamation sont fondus directement pour cuivre noir. On ajoute pour 100 centner, 150 à 200 centner de scories de la fonte au cuivre noir d'Oravicza, qui contiennent un demi p. 0/0 de cuivre, plus, un peu de pyrite pulvérisée et un peu de poussière de charbon.

On passe au demi-haut-fourneau en vingt-quatre heures, 75 centner seulement, parce que, la matière étant pulvérulente, on ne peut donner qu'un vent très-faible. On consomme 14 maas de charbon pour 100 centner de schlamm ($11^{m. cub.}$,988 pour 100 q. m.), soit en poids, 23',8 p. 0/0. Cette fonte est la seule qui se fasse au charbon de bois.

Le rendement, toujours pour 100 centner de schlamm, est de 74 centner de cuivre, tant en cuivre noir, qu'en une petite proportion de matte mince.

Les scories ne contiennent que 1/2 p. 0/0, comme celles que l'on a ajoutées quand la fonte a été bien conduite; mais cette opération est très-délicate; elle exige une fluidité parfaite de la scorie qui, dès qu'elle s'épaissit, absorbe mécaniquement une forte proportion de cuivre. C'est à cause de cela que l'on ne peut fixer positivement la composition du lit de fusion; le fondeur doit être très-exercé; il modifie la charge suivant le besoin.

Affinage du cuivre.

L'affinage du cuivre noir se fait dans un fourneau à réverbère. Le cuivre produit est d'une

qualité inférieure, à cause de l'arsenic que l'on ne peut jamais chasser complétement. On doit le couler en disques et le marteler jusqu'à un certain point, pour prouver qu'il est malléable. Les négociants ne le reçevraient pas sans cela. Deux martinets sont en partie employés à ce travail. Ils servent aussi à la fabrication de la grosse chaudronnerie, pour le Banat et la Servie.

La production totale de Tsiklova en cuivre, y compris la refonde du vieux cuivre, est en moyenne de 2.000 centner (1120 quint. mét.) par an. Production du cuivre.

Le gouvernement achète les minerais, ainsi que je l'ai expliqué pour Szaszka, à raison de Observations.

42 fl. par centner de cuivre (194f,64 le quint. mét.).
24 fl. par marc d'argent fin (222f,44 le kilog.) (1).
366 fl. 53 k. $\frac{53}{71}$ par marc d'or fin (3.400f,42 le kilog.) (2).

en retenant sur ces valeurs, les frais et pertes de la

(1) La valeur de 24 florins pour le marc d'argent fin est prise pour base du système monétaire; mais, dans l'empire autrichien, les essais se font encore par voie sèche : il en résulte une estimation inférieure du titre des alliages, et une valeur de l'argent monnoyé plus grande que la valeur légale. Ainsi le florin qui, à raison d'un marc d'argent fin pour 24, ne vaudrait que 2f,5948, vaut, d'après le titre réel, 2f,5975. L'emploi de ce dernier rapport, pour la conversion, donne donc un prix de l'argent un peu plus fort que 222f,22; ce qui, au premier abord, paraîtrait absurde, puisque la base de la comparaison est précisément la valeur de l'argent fin.

Du reste, si l'argent monnayé contient plus d'argent fin que ne l'indique son titre légal, cela ne fait pas que son échange contre l'argent marchand, d'après ce même titre légal, soit désavantageux; car ce dernier est soumis aux mêmes moyens d'essai, et son titre réel est, à peu près dans la même proportion, supérieur à celui que l'on détermine pour régler l'échange.

(2) Ces valeurs de l'or et de l'argent sont dans le rapport de 15,287 à 1.

MÉMOIRE

Sur la préparation mécanique des minerais dans le district de Schemnitz (Basse-Hongrie).

Par M. H. PACHE.

Les mines de la Basse-Hongrie ont depuis longtemps attiré l'attention des hommes de l'art et la sollicitude de l'État. C'est à Schemnitz que viennent se former tous les jeunes gens destinés au service des mines dans l'empire d'Autriche. Il est facile de concevoir que la présence de plusieurs hommes distingués, attachés à cette école, dut contribuer beaucoup au développement général des arts et de la science dans cette localité. Mais, c'est en particulier sur la préparation mécanique des minerais, que se portèrent dans ces dernières années les études des ingénieurs. Un homme de beaucoup de talent, M. l'inspecteur Rittinger, fut chargé de s'en occuper d'une manière spéciale, et c'est sous son habile direction que ces manipulations si importantes viennent maintenant d'atteindre un haut degré de perfection.

Je me propose ici d'esquisser l'état actuel des travaux relatifs à la préparation mécanique des minerais dans le district de Schemnitz. Un élève en simple voyage d'instruction et après un court séjour dans la localité, ne pourrait avoir la prétention de donner une description complète et détaillée de manipulations parfois si difficiles et si compliquées. C'est un travail qu'il faut laisser aux praticiens de la spécialité.

Quelques mots sur la situation et sur la consti-

schiste. L'aspect minéralogique de ces roches varie presque à chaque pas; elles paraissent sur plusieurs points passer de l'une à l'autre par degrés insensibles et se trouvent quelquefois associées à des quartz et à des feldspath compactes. Le Mont-Calvaire situé auprès de la ville est une butte conique de basalte compacte au milieu du terrain de grünstein. Le Szitna, à trois lieues à peu près au Sud de Schemnitz, est composé en entier de trachyte pyroxénique porphyroïde (trachytporphyr). Cette montagne d'où l'on jouit également d'une vue magnifique sur toute la contrée se trouve, suivant les mesures de M. Beudant, élevée de 1.035 mètres au-dessus de la mer.

Gîtes métallifères du district de Schemnitz.

Les gîtes métallifères du district de Schemnitz sont considérés par les mineurs comme de véritables filons bien qu'il soit impossible d'y observer des salbandes distinctes. La roche est presque toujours plus ou moins altérée dans le voisinage de la masse métallifère et devient alors très-pyriteuse. Tous ces filons sont encaissés dans le grünstein et paraissent se terminer brusquement à la limite de ce terrain. Ils sont dirigés du Nord 45 à 60 Est au Sud-Ouest (*h.* 3 à *h.* 4), et sont à peu près parallèles les uns aux autres. Leur inclinaison au Sud-Est varie de 50 à 60°.

Énumération des filons. Leur nature.

En marchant du Sud-Est vers le Nord-Ouest et perpendiculairement à leur direction on rencontre successivement les filons dans l'ordre suivant :

1° *Grüner-Gang.* Il a une puissance de 2 à 3 mètres et son remplissage est du grünstein. Il est impossible de distinguer les limites du filon et de la roche encaissante. On est obligé de le suivre à tâtons en ayant seulement

Il se divise quelquefois en plusieurs branches (trümmer), et renferme des minerais d'argent, un peu de galène, de la marne ou argile marneuse très-ferrugineuse, beaucoup de pyrites. Très-peu d'or.

Le *Ochsenkopper-Klüft* est une ramification peu puissante du Theresien-Gang qui a reçu un nom particulier.

Le *Wolfgang* est une ramification qui part du Spitaler-Hauptgang et se rapproche peu à peu du Bieber-Gang pour venir croiser ce dernier filon sans le rejeter. Son remplissage consiste en quartz et feldspath aurifères, le tout d'une puissance de 1 à 3 mètres. Il s'y trouve plusieurs minerais d'argent, peu de pyrites et il n'y a pas de galène.

Gangues accidentelles.

Comme gangues accidentelles, on rencontre quelquefois dans les filons de Schemnitz de la chaux carbonatée, de la baryte sulfatée et de la blende.

Profondeur des travaux.

Tous ces filons sont connus sur une profondeur de 400 à 500 mètres.

Mode d'exploitation.

Dans les filons puissants (Spitaler-Hauptgang et Bieber-Gang) on exploite par ouvrage en travers (Querbau); et dans tous les autres, on pratique la méthode ordinaire par gradins renversés.

Dureté de la roche.

Un mineur dans sa journée de huit heures peut facilement percer deux trous de mine de $0^{m},42$ chacun.

Abattage.

L'ouvrage est donné à prix fait (gedinge), et dans les conditions ordinaires à raison de 13 francs pour un avancement de $0^{m},337$ sur une section de galerie de $2^{m},025$ de large et $2^{m},701$ de haut. Pour abattre un pareil cube de roche on compte qu'il faut à peu près 20 trous de mine, ce qui exige un

tions accidentelles de pénétrer dans les fondations.

Les colonnes du bocard *c* (pochsaülen) sont en bois de chêne; elles sont assemblées à mortaises sur la pièce de fond et sont ordinairement reliées par leur partie supérieure à la charpente du bâtiment. Il y a toujours une colonne à chaque extrémité de l'auge et entre chaque batterie de 3 ou de 5 pilons; de sorte que le nombre de batteries étant *n*, celui des colonnes sera toujours $n+1$. A leur partie inférieure, les colonnes sont appuyées et protégées par les pièces *d*. Colonne.

Pour former la sole sur laquelle doivent battre les pilons, on jette au fond de l'auge un lit peu épais de fragments de quartz, qu'on y tasse fortement au moyen d'une grosse masse en fonte fixée à un manche et suspendue à une perche de bois élastique. On ajoute un second lit de quartz, et l'on continue successivement ce travail jusqu'à ce que la profondeur de l'auge soit réduite à $0^m,33$ ou $0^m,34$ au plus. Cette profondeur est toujours comptée à partir du niveau de l'arête *i*, à l'origine supérieure du plan incliné par où les eaux s'échappent hors du bocard. Ce plan incliné est appelé *table du bocard*; son arête inférieure *i'* se trouve ordinairement au niveau du sol de l'atelier. Sole. Table.

Le plateau *t*, de 3 à 4 centimètres d'épaisseur, s'étend d'une colonne à l'autre; il est mobile entre des coulisses verticales, de sorte qu'en l'abaissant ou l'élevant, on peut faire varier à volonté les dimensions de la fente longitudinale qui est le seul orifice de sortie des eaux. Tiroir.

Chaque pilon (pochstempel) se compose d'une poutre bien dressée *p*, en bois de chêne ou de hêtre, de $3^m,70$ de long sur $0^m,14$ d'équarrissage et dont l'extrémité inférieure est armée d'un sabot Pilon.

(pocheisen) en fonte blanche très-dure. Cette masse de fonte a la forme d'un prisme quadrangulaire (*Pl. XII*, *fig.* 3), surmonté d'une queue pyramidale destinée à être logée dans l'épaisseur de la pièce de bois, où elle est maintenue solidement au moyen de coins et de deux bonnes frettes. Le mentonnet *r* est également en fonte; c'est (*Pl. XII*, *fig.* 7) un manchon pouvant glisser facilement le long de la tige du pilon, contre laquelle on le fixe à la hauteur convenable au moyen d'un coin en bois. La partie saillante destinée à être saisie par la came a une épaisseur de $0^m,03$, et se trouve renforcée par une nervure. On se sert aussi, quoique moins généralement, des mentonnets représentés *Pl. XII*, *fig.* 6. Ils ont l'inconvénient de forcer à pratiquer une longue mortaise au travers de la tige du pilon; mais en cas d'accidents, du reste très-rares, ils présentent l'avantage de pouvoir être remplacés plus rapidement. Un pilon ainsi monté pèse ordinairement 250 livres; cependant il y a des bocards où le poids des pilons n'est que de 200 livres, et descend même jusqu'à 150 et 120 livres.

Prisons. Les deux pièces horizontales *l*,*l'* (*Pl. XI*, *fig.* 3) (ladenspalten) sont exactement parallèles et ne laissent entre elles que l'intervalle nécessaire pour le jeu du pilon. Elles sont fortement boulonnées sur les colonnes du bocard, à une hauteur de 1 mètre au-dessus du niveau de la table, et sont percées de mortaises carrées qui se correspondent. Les grosses chevilles ou verroux en bois (ladenriegel), qui passent dans ces mortaises, y sont maintenues d'un côté par une tête et de l'autre par une clavette. L'extrémité supérieure du pilon est guidée par un second système tout pareil et fixé à $1^m,80$ au-dessus du pre-

mier. Les surfaces frottantes de ces prisons sont garnies par une épaisse plaque de tôle, qu'on a soin d'enduire de temps en temps avec de la graisse composée d'un mélange de suif et d'huile.

Dans la construction d'un bocard, il serait important de conserver les cotes qui déterminent ici la position des prisons; car, en les plaçant plus bas, elles se trouveraient constamment souillées par les impuretés qui jaillissent hors de l'auge, et, en les plaçant plus haut, les frottements seraient considérablement augmentés.

L'arbre à cames *a* (*Pl. XI*, *fig.* 6) a un diamètre de $0^m,56$; il est placé au devant du bocard, à une hauteur de $1^m,85$ au-dessus du niveau de la table. Ses tourillons en fonte reposent sur des coussinets fixés eux-même sur une charpente solide. A l'extrémité de cet arbre est montée une petite roue dentée en fonte *e'*, de $0^m,71$ de rayon, conduite par une grande roue dentée *e*, toute en bois et de 2 mètres de rayon, montée elle-même sur l'arbre de la roue hydraulique. Les dimensions de cet engrenage sont calculées exactement pour les vitesses relatives, propres à chaque bocard, de l'arbre à cames et de l'arbre de la roue hydraulique. Les grandes roues dentées, toutes en bois ou toutes en fonte, sont assez rares, et généralement on préfère les dents seules en bois, enchâssées dans une couronne en fonte. Quelquefois, par un cas exceptionnel tenant aux conditions locales, on a pu se passer de l'intermédiaire d'un engrenage; l'arbre à cames est alors le prolongement de l'arbre de la roue hydraulique. **Arbre à cames.**

Les cames (*Pl. XII*, *fig.* 4) sont en bois de hêtre ou de charme très-dur; elles sont enchâssées dans des mortaises pratiquées sur l'arbre pour les recevoir, et sont calées au moyen de coins en **Cames.**

gangues les plus tenaces. Dans les environs de Schemnitz les pilons les plus légers ont une levée de $0^m,37$, et pour des pilons plus lourds on a toutes les levées intermédiaires jusqu'à $0^m,15$.

Quant à l'ordre de chute des pilons, c'est ordinairement dans chaque batterie celui du milieu qui retombe le premier, ainsi le n° 2 pour les batteries de trois, et le n° 3 pour les batteries de cinq. **Ordre de chute.**

De tous les bocards du district de Schemnitz un seul, composé de 18 pilons et situé près du bourg de Dilln, est mû au moyen d'une machine à colonne d'eau. Tous les autres sont mus par des roues hydrauliques dont la construction est très-soignée. Aussi les expériences faites avec le frein ont-elles généralement annoncé sur l'arbre de la roue un effet utile égal à 0,80 du travail moteur dépensé. Les *fig.* 5 et 6, *Pl. XI*, représentent une de ces roues, dont j'ai pris le dessin et toutes les dimensions au bocard n° 17, près de la ville. Elle possède toute la solidité désirable, en présentant toutefois une grande légèreté de construction. Son diamètre est de $9^m,20$ et sa largeur dans œuvre de $0^m,78$. Le diamètre de l'arbre est de $0^m,70$, et celui des tourillons de $0^m,11$. La hauteur de la couronne est de $0^m,26$. Elle fait entre 5 et 6 révolutions par minute. **Force motrice.** **Machine à colonne d'eau.** **Roues hydrauliques.**

Pour avoir le tracé des aubes on prend sur un rayon une distance *ab* (*Pl. XI, fig.* 7) de $0^m,028$ (1 pouce) à partir de la circonférence extérieure de la couronne; puis, par le point *b*, on décrit une circonférence concentrique. La hauteur restante de la couronne est divisée au point *p* en deux parties égales, et, par le point *p*, on décrit la circonférence moyenne. Par les points *p*, *p*, *p*, distants de $0^m,337$, et le centre de la roue, on mène les rayons qui **Tracé des aubes.**

H la hauteur de chute de l'eau motrice.
Q le poids d'un pilon.
x le nombre des pilons.
S leur levée en mètre, etc.
$\frac{n}{60}$ le nombre de coups par seconde.

Réciproquement, la roue hydraulique ou la force motrice étant donnée, ce qui est souvent le cas, on pourra facilement déterminer toutes les autres quantités.

La roue hydraulique du n° 17 faisant 5 tours par minute, et son diamètre étant 9^{m},25, on trouve pour sa vitesse à la circonférence exactement 2^{m},42 par seconde. Cette vitesse de 2 à 3 mètres est assez généralement celle avec laquelle marchent les roues à bocards des environs de Schemnitz. Cependant j'ai observé les roues de plusieurs ateliers dont la vitesse restait inférieure à 2 mètres; d'autres, par contre, où elle s'élevait jusqu'à 4 mètres. En tout cas, on a soin de s'arranger de manière à ce que la différence entre la vitesse d'arrivée de l'eau sur la roue et la vitesse de la roue elle-même, soit la moindre possible. On a aussi pour règle de donner à la roue une capacité quadruple ou quintuple du volume d'eau qu'elle est destinée à recevoir. Vitesse des roues.

Le minerai à bocarder, tel qu'il arrive de la mine, est versé par les wagons ou charrié à la brouette dans la grande caisse prismatique O (*Pl. XI*, *fig.* 3).

Cette caisse, en grosses planches maintenues par une charpente solide, est connue partout sous le nom de *rolle saxonne*. Ouverte par la partie supérieure, elle s'étend à peu de distance en arrière sur toute la longueur du bocard, et se trouve divisée intérieurement par des cloisons perpendicu- Rolle saxonne.

rière de chaque batterie. Elle est mobile sur deux tourillons et contient à peu près $\frac{1}{10}$ de mètre cube de minerai. Comme dans la grande rolle, le maître-pilon l'ébranle de temps en temps au moyen du mentonnet *r* et du poinçon *p*. L'inconvénient de cette rolle est de nécessiter constamment un ouvrier de service pour la remplir avec la pelle lorsqu'elle commence à être vide.

Eau du bocard. L'eau du bocard (ladenwasser) arrive par le canal horizontal *u* (*Pl. XI, fig.* 3), qui est placé au devant du bocard et s'étend sur toute sa longueur. Ce canal, en planches et d'une section intérieure de $0^{m},25$ sur $0^{m},12$, est en communication avec les canaux verticaux u', u'', u''' (*fig.* 4), qui conduisent l'eau sur la sole. La quantité d'eau introduite dans un bocard pareil varie assez généralement de $2\frac{1}{2}$ à 3 pieds cubes par minute. Lors d'une expérience faite sur un bocard de 9 pilons, et où je me trouvais présent, elle était de $2^{pi.c.},820$.

Conduite du travail. Le bocard une fois réglé et en marche n'exige plus que très-peu de soins; c'est la machine qui travaille toute seule. Les minerais arrivent régulièrement sous les pilons, tandis qu'on laisse l'eau s'élever dans l'auge jusqu'à un niveau tel que le sabot en fonte y reste toujours immergé en partie. Cette eau se charge continuellement des matières triturées (trübe) et, maintenue dans un vif état d'agitation par le battement des pilons, elle sort facilement de l'auge par la fente longitudinale *ti*, s'écoule sur la table et de là dans le canal *x*, qui la conduit aux moulins. Un seul homme surveille ordinairement à la fois 20 ou 30 pilons; il remplit les rolles, répare les accidents légers et maintient toutes les surfaces frottantes suffisamment graissées. De temps en temps il prend un essai de

On conçoit que la quantité de minerai élaborée par un bocard dans un temps donné doit varier beaucoup suivant la nature des gangues, la marche de la machine et le degré de trituration qu'on se propose d'obtenir. L'expérience a prouvé que dans les conditions ordinaires où l'on travaille à Schemnitz, un pilon bocardait de 6 à 7 quintaux de minerai en vingt-quatre heures. Le travail marche beaucoup plus vite lorsqu'on ne bocarde que grossièrement (roesch pochen). Ainsi un bocard de 9 pilons, marchant dans cette dernière condition, avait, le 22 août 1845, bocardé 118 quint. 89 liv. en vingt-sept heures; ce qui fait 11 quint. 74 liv. par pilon en vingt-quatre heures. Quantité de minerai élaborée.

Les deux coupes (*Pl. XII, fig.* 1 et 2) ont été prises dans l'atelier n° 3. Elles représentent l'ensemble de l'appareil principal d'extraction de l'or, et font voir (*fig.* 1) en projection verticale et (*fig.* 2) en projection horizontale la disposition ordinaire des moulins d'amalgamation du côté de chaque bocard. III. B est la troisième batterie de l'un des bocards de l'atelier; *a*, l'arbre à cames; *i i'*, la table; *u*, le canal d'arrivée de l'eau dans l'auge, et *x*, le canal de sortie qui reçoit la trübe au-dessous de la table. *r*, *s*, *t*, sont également trois canaux en planches placés à des niveaux différents. Appareil pour l'extraction de l'or.

Des huit moulins d'amalgamation 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, il y en a quatre sur la même rangée qui se trouvent élevés de 0^{m},12 au-dessus des autres. Moulins d'amalgamation.

Les compartiments *b*, *c*, *d*, *e*, *f*, *g*, *h*, sont autant de plans inclinés (plachenheerden ou goldplachen) ayant un même plancher, mais séparés les uns des autres par un rebord de 0^{m},05 de large sur 0^{m},04 d'épaisseur. La distance intérieure entre les deux rebords ou la largeur du plan est de 0^{m},47; Plans inclinés.

fer, et sa face inférieure est armée de douze couteaux ou lames en forte tôle, simplement enfoncés dans l'épaisseur du bois. Ces couteaux ont une saillie de $0^m,13$ seulement et sont disposés suivant les rayons, comme l'indique la *fig.* 8. L'espace libre laissé entre le fond de la cuvette et la face inférieure du coursier est destiné à recevoir 28 kilogrammes de mercure. Du reste, la hauteur de cet espace est variable au moyen de l'écrou *r*. Anciennement on la réglait de manière à ce que les couteaux vinssent mordre dans le bain de mercure; mais maintenant on a remarqué que l'amalgamation marchait beaucoup mieux lorsque le bord inférieur des couteaux était maintenu à un bon millimètre au-dessus du mercure. Le jeu entre les parois du coursier et de la cuvette est de $0^m,005$. L'extrémité supérieure de l'axe passe dans deux anneaux *b*, *c* (*Pl. XII*, *fig.* 1), fixés à la charpente, et porte un disque en bois de $0^m,40$ de diamètre sur $0^m,05$ d'épaisseur. La longueur de cet axe est très-variable et ne dépend absolument que des conditions de l'emplacement local; quelquefois même il se trouve placé au-dessous de la cuvette, à Illya, par exemple. Entre le disque et le manchon l'axe est toujours brisé en fourchette, de sorte qu'en faisant glisser l'anneau *g* on peut à chaque instant et très-facilement débrayer ou embrayer le coursier, et ainsi arrêter ou faire marcher l'un des moulins indépendamment de tous les autres.

Communication de mouvement.

La communication de mouvement avec l'arbre moteur a lieu au moyen d'un engrenage conique et d'une sangle ou d'une courroie sans fin passant sur tous les disques. Le rayon de la roue conique montée sur l'extrémité de l'arbre à cames est de

il conviendrait de réduire l'inclinaison des plans à 14 ou 15 p. o/o.

Une fois en train, le travail de l'amalgamation ne nécessite, comme celui du bocardage, que très-peu de soins. La trübe, reçue dans le canal *x* à la sortie de l'auge du bocard, traverse un tamis en fil de fer *g*, *Pl. XII*, *fig.* 1 et 2, qui retient les fragments de bois et d'autres impuretés qu'elle entraîne ordinairement. Elle se rend de là dans le canal *r* d'où quatre ouvertures la distribuent également sur les quatre moulins 1, 2, 3, 4. Dans chaque moulin elle remplit l'espace conique *hd* du coursier et descend sur la surface du mercure où les schlamms qu'elle dépose se trouvent constamment brassés par les couteaux. Remontant ensuite le long des parois de la cuvette, elle en sort par l'orifice *o*, *Pl. XII*, *fig.* 11, où est adapté un goulot en tôle qui la conduit dans le moulin inférieur. Ici se passe absolument la même chose, et la trübe reçue dans le canal *s* est distribuée également sur les sept plans inclinés au moyen d'un nombre égal d'ouvertures pratiquées dans l'épaisseur de la planche qui forme sa paroi antérieure. Ce ne sont guère que les particules d'or les plus ténues qui se combinent avec le mercure, tandis que généralement les plus grossières sortent du moulin et se trouvent arrêtées par les aspérités des toiles. Tous les mois on arrête les moulins et on en retire la totalité du mercure. Ce mercure est soumis à deux ou trois filtrations successives. Marche et conduite du travail.

L'amalgame qui reste sur le filtre contient de 28 à 33 p. o/o d'or; il est pesé, puis expédié à l'atelier de distillation. Le mercure qui passe à travers le filtre et qu'on reporte dans les moulins retient encore à peu près $1\frac{1}{2}$ loth d'or au quintal. Amalgame.

semblés et cloués; ils sont posés sur un radier enfoui dans une couche d'argile battue. Chaque bocard a ordinairement son labyrinthe particulier; mais il arrive assez souvent que les eaux de deux ou même de plusieurs bocards viennent se réunir dans le même labyrinthe. Ces canaux sont placés indifféremment les uns à côté des autres ou les uns à la suite des autres, mais toujours dans l'ordre suivant, qui est celui du cours de l'eau.

1° Deux canaux, appelés *rasche mehlrinne*, ayant chacun une largeur intérieure de 0^m,28 sur une profondeur de 0^m,33. Leur longueur est de 3^m,03, et l'inclinaison de leur fond est de 2 à 2 $\frac{1}{2}$ p. 0/0. C'est dans ces deux canaux que se déposent les grains les plus grossiers. Rasche mehlrinne.

2° Trois canaux appelés *mittlere mehlrinne*, ayant chacun une largeur intérieure de 0^m,33 sur une profondeur de 0^m,33. Leur longueur est aussi de 3^m,03; mais leur inclinaison n'est que de 1 à 1 $\frac{1}{2}$ p. 0/0. Mittlere mehlrinne.

3° Six canaux appelés *milde mehlrinne* ou *schmundrinne*, ayant la même longueur et la même profondeur que les précédents avec une largeur de 0^m,50, et une inclinaison par mètre de 0^m,005 seulement. Milde mehlrinne.

Ce sont les dimensions d'un labyrinthe correspondant à un bocard de 10 pilons. Il est clair que, pour une circulation plus considérable, il faudra augmenter proportionnellement le nombre et la longueur des canaux, qu'on prendra du reste toujours aussi grande que possible. Quelquefois il y a un quatrième compartiment; mais, généralement, au sortir des milde mehlrinne, la trübe est conduite dans un ou plusieurs étangs (sumpf), situés au dehors de l'atelier.

la masse d'eau pyramidale, pénètre dans le canal *s* et s'y élève jusqu'à une certaine hauteur. Dans ce canal il existe donc un courant ascensionnel qui abandonne bientôt les boues grossières à sa partie inférieure, tandis que les boues fines sont entraînées plus haut. On peut, par conséquent, soutirer à volonté un liquide chargé de particules très-fines ou de particules très-grossières en ouvrant l'une ou l'autre des bondes n°s 1, 2, 3, 4. L'eau qui entre dans l'appareil par le canal *a* contient 5 loth de matières solides par pied cube de liquide, et l'eau qui en sort par le canal *h* en contient la même proportion que l'eau qui a circulé dans les étangs ordinaires, c'est-à-dire à peu près 3 loth par pied cube de liquide. La teneur de la trübe, soutirée par les bondes, varie de 6 à 7 liv. de matières solides par pied cube de liquide; mais on espère pouvoir la porter à 9 liv., ce qui serait la teneur la plus favorable pour le lavage immédiat sur les tables à secousse.

Avantages de la pyramide.

En examinant tout à l'heure l'ensemble de ces travaux de lavage, il nous sera facile de voir que c'est surtout sous le rapport de l'économie en main d'œuvre que la pyramide se montre d'un usage avantageux. Son emploi permet aussi de simplifier la disposition des ateliers ainsi que la construction des tables à secousse. Il est probable qu'on ne tardera pas à remplacer la totalité du labyrinthe par un système de deux ou trois pyramides pareilles. L'idée première en appartient, je crois, à M. le Bergrath Schitko; mais c'est M. Rittinger qui vient de l'exécuter et de l'appliquer pour la première fois à un traitement en grand.

Autres essais de classification.

On n'a, par contre, pas été content des résultats obtenus dans les essais qui furent faits, il y a quel-

ques années (en 1841), pour opérer la classification des grains, soit en les soumettant à l'action de la force centrifuge dans une espèce de grande capsule, soit en les soumettant à l'action d'un courant d'air forcé, comme cela se pratique dans quelques grands moulins à blé pour la classification des farines. L'adhérence qui a lieu entre les particules et leur peu de mobilité dans un fluide comme l'air, paraissent être des obstacles difficiles à surmonter pour l'emploi de ces procédés.

Concentration des schlamms et séparation des gangues, ou travaux de lavage.

Schemnitz est maintenant devenu le pays par excellence des tables à secousse et les travaux de lavage, au moyen de ces machines, y ont acquis une grande extension et un haut degré de perfection.

Tables à secousse.

Construction et pose.

Les *fig.* 1 et 2, *Pl. XIII*, montrent une élévation et un profil d'un groupe de deux de ces tables. Voici quelques détails relatifs à leur construction. Après avoir nivelé le terrain et y avoir établi une bonne couche d'argile battue ou de béton, on place les cinq pièces de bois *a*, *b*, *c*, *d*, *e*, qui sont d'une longueur proportionnelle au nombre de tables auxquelles elles doivent servir de fondation. Les pièces transversales *y* servent à les relier et à supporter les colonnes *g*, *g*, *g*, *g*, avec lesquelles elles sont assemblées à mortaise et tenon. A leur extrémité supérieure, ces colonnes sont assemblées de même avec les potences *x*, *x*, qui sont reliées par deux autres pièces horizontales. J'ai représenté, *Pl. XIII*, *fig.* 3 et 4, la charpente de la table elle-même qui doit être particulièrement d'une construction très-soignée; la *fig.* 4 en est une coupe verticale, et la *fig.* 3 est une projection horizontale du plan inférieur ou du dessous de la table. La partie *a* de la table s'appelle sa *tête*

(kopf ou stirn), la partie *h* est *la queue* (schwanz), et *z la langue* (zunge). Des quatre chaînes qui servent à suspendre la table entre les quatre colonnes, les deux de la queue *c*, *c*, *fig.* 1, sont plus longues et passent sur un tour en bois *t*, au moyen duquel on peut les raccourcir ou les allonger à volonté. L'arbre O porte ordinairement deux, et quelquefois trois cames en bois ou en fonte, *Pl. XII*, *fig.* 5, qui, en faisant successivement basculer l'équerre mobile autour du point *o'*, provoquent l'avancement du valet *v*; celui-ci, dont l'extrémité *v'* vient s'appuyer sur le milieu de la tête de la table, pousse cette dernière en avant, jusqu'à ce qu'abandonné par la came, il reprenne un mouvement rétrograde.

Arbre à cames et communication de mouvement.

Plateau élastique.

La table retombe alors brusquement vers sa position primitive, et sa langue vient frapper sur un fort plateau fixé par ses deux extrémités à $0^m,12$ en avant de la pièce *p* qui s'appuie contre les colonnes. Renvoyée par l'élasticité du plateau, la table est soumise à une série d'oscillations qui deviennent de plus en plus petites, jusqu'à ce qu'elles soient interrompues par l'action du valet qui vient derechef pousser la table en avant. Dans l'intervalle de $0^m,12$ derrière le plateau élastique, on place deux petits tasseaux en bois qui peuvent être éloignés ou rapprochés l'un de l'autre et faire ainsi varier l'élasticité de la secousse. En changeant de position la cheville en fer *r* du valet, il est facile de faire varier la longueur du mouvement.

Nouvel appareil pour la communication du mouvement.

Ce mécanisme est maintenant remplacé dans les nouvelles constructions au moyen de celui représenté *Pl. XIII*, *fig.* 7; *r* est l'arbre à cames, et *v* le valet en bois dont l'extrémité est taraudée à

l'intérieur et renferme la vis *d*. Les deux tourillons *t*, formant la tête de cette vis, sont logés dans une mortaise à l'extrémité du bras *m* qui est mobile autour du point *o*. La roue dentée en bois R engrène dans les barreaux en fer de la lanterne *g*, et l'on conçoit qu'en le faisant tourner avec la main dans un sens ou dans l'autre, il est très-facile de raccourcir ou d'allonger le valet. La *fig.* 6 re-

Appareil des anciennes laveries.

présente un mode de communication de mouvement qu'on trouve quelquefois en usage dans les anciennes laveries. Pour chaque table, il y a au-dessus de l'arbre à cames un plancher servant d'entrepôt aux schlamms qui doivent être élaborés sur la table et qu'on charge à cet effet dans la caisse à fond incliné G. Au-dessous de l'ouverture

Caisson aux schlamms et appareil de distribution de la trübe.

semi-circulaire *s* de ce caisson, est placé un petit canal en bois *u* dont l'extrémité inférieure aboutit au sommet du plan incliné *f*, *Pl. XIII*, *fig.* 1 et 2. Ce plan incliné se compose de deux plateaux indépendants placés un peu l'un au-dessous de l'autre, mais ayant la même inclinaison. Sur le plateau supérieur *Pl. XIII*, *fig.* 5, sont vissés vingt et un petits morceaux de bois qui ont pour but de distribuer également la trübe sur toute la surface du plateau inférieur. Ces morceaux de bois (stellklötzchen) peuvent tourner autour de la vis qui les fixe sur le plateau, de sorte qu'il est possible de faire varier, par ce moyen, les dimensions des interstices libres qu'ils laissent entre eux. Il devient quelquefois avantageux de recouvrir le plateau inférieur avec une toile semblable à celles dont on se sert sur les plans inclinés ordinaires. Les deux canaux *h*, *i*, s'étendent d'un bout à l'autre de la laverie. Le premier, supporté par une charpente particulière au niveau de la partie supérieure des

caissons, est rempli d'un courant d'eau pure. Le second, dont les bords supérieurs se trouvent au niveau du sol, est destiné à recevoir et à conduire hors de l'atelier les eaux chargées de gangues qui tombent de la partie inférieure de la table.

Force motrice. L'arbre à cames est mis en mouvement par une roue hydraulique avec ou sans intermédiaire d'engrenage. Il suffit d'une force de cheval sur la roue hydraulique pour faire marcher 10 tables.

Nombre des tables à construire. On admet que c'est aussi là le nombre de tables qu'il suffit de construire pour pouvoir élaborer les matières fournies par un bocard de 40 pilons.

Frais de construction des tables à secousse. Les frais de construction d'une table avec tous ses accessoires s'élèvent à 260 francs, en supposant toutefois qu'on en établisse plusieurs à la fois.

Durée des tables. Lorsqu'on a employé de bons matériaux, elles durent de 8 à 10 ans sans avoir besoin de réparations considérables, mais après ce temps il est ordinairement nécessaire de les renouveler en tout ou en partie.

Conduite du travail. La conduite du travail sur les tables à secousse exige une surveillance continuelle Une certaine quantité de schlamms ayant été chargée à la pelle dans le caisson *g*, on y fait arriver un petit filet d'eau au moyen de l'une des bondes α, β, du canal *h*. Cette eau ne tarde pas à délayer les boues, et la trübe qui en résulte coule dans le petit canal *u* pour se rendre sur le plan incliné et tomber de là uniformément sur toute la largeur de la tête de la table. Quelquefois il est nécessaire de faciliter dans le caisson le mélange de l'eau avec les boues au moyen d'une spatule ou d'une petite roue à palettes, dont l'axe est mis en mouvement par une courroie sans fin. Lors du lavage des schlamms grossiers (roesche mehle), il arrive

assez souvent que des gangues volumineuses se déposent à la tête de la table avec le schlich. On obvie à cet inconvénient en repoussant légèrement les schlamms de bas en haut vers la tête au moyen d'un petit râble en bois très-léger et muni d'un long manche. Cette manœuvre, en soumettant les gangues à une action prolongée de la table, ne tarde pas à en opérer la séparation définitive.

Tension de la table.

La tension de la table (spannung des heerdes) est le sinus de l'angle formé par la direction de chaque chaîne de suspension avec la perpendiculaire passant par son point d'attache. Cette tension, qui est de 0m,17, demeure presque toujours la même pour les deux chaînes de la queue, tandis que pour les chaînes de la tête on la fait varier suivant la nature du travail. Lorsqu'on élabore des schlamms très-grossiers ou très-plombeux, on la réduit à 0m,07; pour des schlamms de moyennne grosseur, on la porte à 0m,11, et pour des schlamms fins ordinaires à 0m,20 ou même 0m,22; pour des schlamms très-fins à 0m,25 et 0m,26.

Amplitude de l'oscillation.

L'amplitude de l'oscillation (aüschüb), communiquée à la table par le valet, est fixée à 0m,17 ou 0m,14 pour l'élaboration des schlamms grossiers; à 0m,06 pour des schlamms de grosseur moyenne, et varie de 0m,015 à 0m,04 pour des schlamms fins. Du reste, elle est toujours en raison inverse de la tension.

Secousse.

La secousse elle-même (stoss) doit toujours être élastique pendant le travail des schlamms grossiers; elle ne l'est jamais pour le travail des boues fines.

Nombre des oscillations.

Le nombre des oscillations doit être tel, que la table ne demeure pas un instant immobile.

C'est ordinairement de 15 à 18 impulsions par minute, au plus, pour les schlamms grossiers, et 30 à 40 pour les schlamms fins. Mais comme dans le premier cas la secousse est élastique, chaque oscillation produite par le valet se trouve suivie de 12 à 14 oscillations secondaires qui deviennent de plus en plus petites et de plus en plus accélérées.

Inclinaison de la table.

L'inclinaison de la table (neigüng) doit généralement être forte dans le travail des schlamms grossiers, et diminuer jusques à un minimum correspondant au plus haut degré de finesse des boues. On la règle ordinairement de 5 $\frac{1}{2}$ p. o/o à 7 p. o/o pour des schlamms grossiers, à 8 p. o/o si ces schlamms sont très-plombeux; à 4 p. o/o pour les schlamms moyens, et à 2 $\frac{1}{2}$ p. o/o pour les schlamms fins.

Épaisseur de la trübe.

La teneur de la trübe en matières solides, (dickflüssigkeit der trübe) est de 30 à 40 liv. par pied cube pour les schlamms grossiers, de 15 liv. pour les schlamms moyens, et de 8 à 11 ou 12 liv. au plus pour les schlamms fins. On la règle facilement en ouvrant plus ou moins les robinets du canal à eau. En général, si elle est trop forte, la séparation des gangues sur la table n'a lieu que péniblement, et l'on travaille avec perte; si elle est trop faible, par contre, le travail ne marche que très-lentement.

Signes d'une bonne allure de la table.

On admet dans les laveries de Schemnitz, comme signes d'une bonne allure de la table :

1° Les schlichs qui se déposent sur la table doivent y former un coin montant régulièrement de la queue vers la tête, et être tellement tassés qu'on ne puisse y enfoncer le doigt. La surface de ce coin doit être parfaitement plane;

2° Il faut voir la trübe couler et s'étendre uni-

formément sur la table en une couche très-mince;

3° Les ondes provoquées dans cette couche à chaque secousse doivent avoir disparu *complétement* à l'instant de la secousse suivante;

4° Lorsque l'opération marche bien, on voit ordinairement apparaître sur la table une série de petites raies longitudinales et de différentes couleurs qui se forment vers la queue et atteignent en remontant jusques à la moitié ou aux deux tiers de la longueur de la table;

5° L'essai de l'augette à main (sicherprobe) des matières qui se sont déposées sur le tiers inférieur de la table ne doit mettre en évidence que des gangues. Par contre, le même essai pratiqué sur les matières déposées à la tête doit donner un schlich parfaitement pur.

Curage de la table.

Après un espace de temps qui varie beaucoup suivant la nature des schlamms élaborés (depuis 4 ou 5 heures jusqu'à un jour, deux jours ou même trois jours), le dépôt de schlich a atteint vers la tête de la table une épaisseur de 0m,22, de sorte qu'on ne pourrait continuer le travail sans courir le risque de faire déborder la trübe. On procède alors *au curage* (abräumen, aussi nommé abheben, abstechen des heerdes). Cette opération consiste à enlever, au moyen d'une pelle carrée de 0m,35 de côté, la totalité du dépôt qui s'est formé sur la table. On l'entame à la tête, et l'on descend peu à peu en enfonçant toujours la pelle verticalement et attaquant la tranche transversale suivante. Comme la richesse des schlichs va en diminuant de la tête vers la queue, on a soin de ne pas mélanger les unes avec les autres, mais de porter dans des cases particulières

Division du dépôt et classification des pellées.

les tranches de pellées prises vers la tête et celles prises vers la queue. Le dépôt est ainsi divisé ordinairement en quatre parties égales suivant sa longueur. Le n° 1, à la tête de la table, a rarement acquis par une première opération, le degré de concentration exigé pour la livraison aux fonderies, et il est nécessaire de le laver une seconde fois; les n[os] 2, 3, au milieu de la table, sont toujours repassés, et le n° 4 est rejeté à la rivière, dans le canal de sortie. Cependant il faut s'être assuré auparavant avec l'augette à main qu'il ne contient pas de schlich, et déterminer ainsi la ligne limite qui doit le séparer du n° 3.

Deuxième travail.

Chacun de ces lavages partiels est opéré sur une table particulière. Dans le cas le plus compliqué, on divise le dépôt en 10 parties ou *pellées* (schaūfel) ayant par conséquent chacune une largeur d'à peu près 0m,36. Le lavage complet exige alors un roulement de 6 tables.

Cas le plus compliqué du lavage aux tables à secousse.

La Table A ou mehlheerd reçoit les schlamms du labyrinthe :

Sa 1re, 2	pellées	passent sur la Table B.
3	—	repasse sur la Table A.
4, 5, 6	—	passent sur la Table E.
8, 9, 10	—	sont rejetées.

La Table B ou schlichheerd :

Sa 1re, 2	pellées	passent au caisson à or.

3, 4 — sont expédiées à la fonderie.

Sa 5e, 6 pellées passent sur la Table C.

7, 8, 9, 10 — passent sur la Table D.

La Table C ou reinmachheerd :

Sa 1re, 2, 3 pellées sont expédiées à la fonderie.

4, 5 — sont repassées sur la Table C.

6, 7, 8, 9, 10 — passent sur la Table D.

La Table D ou mittelschaufelheerd :

Sa 1re, 2, 3 pellées passent sur la Table C.

4, 5, 6, 7, 8 — sont considérées comme schlich pyriteux.

9, 10 — sont rejetées.

La Table E ou unterschaufelheerd.

Sa 1re, 2 pellées passent sur la Table F.

3, 4, 5 — sont repassées sur la Table E.

de laver sont très-argentifères, on réduit cette inclinaison à 10 pour 0/0; par contre, lorsqu'ils sont très-plombeux on la porte à 12 pour 0/0. Les plateaux de bois de choix qui doivent former le plan sont sciés d'équerre à la longueur de $1^m,33$, puis exactement dressés et logés l'un après l'autre par leurs deux extrémités dans la rainure de deux fortes pièces de bois qui forment cadre. Le tout est calé bien horizontalement suivant la largeur sur une fondation en charpente ou mieux en maçonnerie. Ces tables sont ordinairement accolées deux par deux, d'où leur dénomination de tables-jumelles. L'extrémité inférieure du kehrheerd est ordinairement à $0^m,60$ au-dessus du niveau du sol de l'atelier. Son extrémité supérieure porte, pareillement à la table à secousse, une série de petits guidons en bois destinés à distribuer également la trübe sur toute la largeur du plan. Les schlamms sont de même délayés au moyen d'un filet d'eau et d'une spatule dans un caisson (gumpe) fixé à la tête du plan. La quantité d'eau introduite dans le caisson est réglée de manière à ce que la trübe ne contienne que 6 à 8 liv. ou au plus 10 liv. de matières solides par pied cube de liquide.

Caisson aux schlamms.

Épaisseur de la trübe.

Conduite du travail.

Le travail du lavage comprend trois périodes bien distinctes :

Chargement de la table.

1° *Le chargement de la table* (das belegen des heerdes).

Cette première manipulation consiste à laisser couler la trübe sur la table jusqu'à ce qu'elle y ait déposé sur toute sa surface une couche de matières très-mince et très-uniforme. Les particules les plus légères ne se déposent pas et tombent dans la cuve aux boues. (Au-devant de la table se trouvent disposées l'une à côté de l'autre 3 caisses

ou cuves rectangulaires (schmundkasten, kieskasten et schlichkasten), qu'il est facile de mettre successivement en communication avec la partie inférieure de la table au moyen d'une large planche munie de rebords.)

Lavage.

2° *Le lavage* (das lautern).

On arrête l'écoulement de la trübe et l'on fait couler sur la table un filet d'eau pure au moyen d'un robinet particulier. L'ouvrier promène alors à quelquefois et de bas en haut, sur la table, un très-léger râble en bois (kiste). Cette opération a pour but de bien mettre chaque particule en contact avec le courant d'eau. Les matières entraînées par le courant sont reçues à la partie inférieure de la table dans la cuve aux pyrites.

Balayage.

3° *Le balayage* (das abkehren).

On augmente un peu le courant d'eau pure, puis on balaye soigneusement de haut en bas avec une brosse ou balai en crin tout ce qui s'est déposé sur la table. Le schlich arrivant ainsi à la partie inférieure de la table est reçu dans la cuve aux schlichs.

Service des tables et durée d'une opération.

Un seul jeune homme peut aisément desservir deux tables. Chaque lavage complet dure à peu près de 12 à 15 minutes.

Produits du lavage.

Le dépôt de la caisse aux boues est rejeté à la rivière, ou quelquefois soumis à un nouveau lavage. Le dépôt de la caisse aux pyrites est toujours repassé sur la table dans un lavage particulier, puis livré comme schlich pyriteux. Le dépôt de la caisse aux schlichs est immédiatement mis à part pour la fonderie.

Concentration et lavage des schlichs aurifères.

Il nous reste maintenant à nous occuper de la concentration et du lavage des schlichs aurifères qui proviennent des cuves dans lesquelles on a

lavé les toiles (*Voy.* plus haut, pag. 618). Ce travail est très-délicat et s'opère au moyen du *caisson à or* (goldlütte) et de l'augette à main (sichertrog ou scheidetrog).

Caisson à or. J'ai représenté en élévation et plan (*Pl. XIII, fig.* 8 *et* 9) le caisson à or de l'une des laveries de Rybnik. Il est disposé partout à peu près de même et présente l'aspect d'un large canal incliné ouvert par le haut, et ayant une longueur de 4 mètres sur une largeur intérieure de 0^m,56 avec une inclinaison de 29 pour 0/0. Les trois parois verticales sont clouées contre le fond et ont une hauteur de 0^m,30. Sur toute la surface supérieure de la planche qui forme le fonds du canal, on a pratiqué avec la pointe d'un couteau deux systèmes de raies parallèles et très-rapprochées faisant un angle de 45° avec la perpendiculaire menée de l'une des parois verticales à l'autre. A 0^m,20 de l'extrémité supérieure du caisson est fixé un petit barrage *h*. (laûterwassertheilleiste), formant derrière lui un espace libre où il est facile de régler, au moyen d'un robinet, le niveau de l'eau de manière à ce qu'elle vienne se déverser en plus ou moins grande quantité sur les schlichs placés en *s*. Le fond du caisson doit être calé bien horizontalement suivant sa largeur sur la charpente qui le supporte. L'ouvrier marche sur la planche *m*. Les trois compartiments rectangulaires *a*, *c*, *d*, placés sur le sol de l'atelier, sont destinés à recevoir les produits du lavage.

Conduite du travail. Le travail est conduit à peu près de la même manière que sur les tables jumelles. Nous avons aussi ici un chargement de la table, un lavage proprement dit et un balayage.

Service du caisson.

Chaque caisson à or est desservi par un jeune homme ou par un enfant.

Produits du lavage.

Les produits de l'opération sont :

1° Un schlich argentifère grossier, pyriteux et plombifère.

2° *Id.* un schlich fin.

3° Un schlich concentré très-aurifère.

Les deux premiers produits sont ordinairement repassés une seconde fois sur la goldlütte avant d'être expédiés à la fonderie. Le troisième produit, qui contient la presque totalité de l'or, est immédiatement lavé sur l'augette à main.

Augette à main.

Cette *augette à main* (sichertrog ou scheidetrog) (*Pl. XIII*, *fig.* 10 et 11) est d'une seule pièce, en bois blanc léger, d'orme ou d'érable, artistement travaillé. Les *fig.* 12 et 13 représentent une petite augette dont on se sert pour les essais sur de très-petites quantités de schlamms.

Ouvrier tireur d'or.

Description du travail.

L'ouvrier tireur d'or (goldaüszieher) après avoir tenu l'augette sous la partie inférieure du caisson pendant le balayage, la saisit avec les deux mains en *m*, *n*, et de manière à ce que ses deux pouces soient engagés dans les entailles semi-circulaires *x*, *y*, du rebord. Se plaçant alors devant sa caisse, les jambes moyennement écartées, le tronc un peu fléchi en avant et les coudes au corps, il commence par imprimer à l'augette une série de petites oscillations brusques plus ou moins prononcées en faisant à chaque fois frapper contre son abdomen la partie *h* du rebord. Après deux à trois minutes de cet exercice, l'augette se trouve débarrassée de la plus grande partie des pyrites et de la galène. Pour éloigner plus complétement ces matières l'ouvrier pose l'augette, et la tenant légèrement inclinée avec la main gauche, il pro-

mène de haut en bas à sa surface un filet d'eau pure au moyen d'une grande corne ou d'une bouteille percée d'une ouverture presque capillaire. L'or ne tarde pas à apparaître vers la tête de l'augette sous forme d'un léger croissant d'un très-beau jaune. Je puis dire, par expérience, que le maniement de l'augette à main exige une très-grande habitude, et je dirai même habileté; c'est à peine si après plusieurs jours d'un exercice opiniâtre, l'on peut parvenir à mettre en apparence l'or contenu dans un schlich moyennement concentré.

Habileté des ouvriers de Schemnitz.

Les ouvriers slaves qui travaillent à Schemnitz s'acquittent de leur besogne avec une adresse remarquable; aussi sont-ils relativement très-bien payés. Après chaque opération, l'or est lavé dans un grand vase dont le dépôt est repris sur l'augette à la fin de la journée.

Amalgamation de l'or obtenu.

Le métal obtenu définitivement est serré dans une cassette en tôle puis pétri avec du mercure. L'amalgame qui en résulte est beaucoup plus riche que celui des moulins; comme celui-ci il est distillé et expédié à Kremnitz.

Minerai massif.

Cette classe de minerais (scheideerze) est fournie en presque totalité par le plus beau filon de Schemnitz, le Spitaler Hauptgang. La galène argentifère et aurifère dont partout ailleurs la roche n'est que comme imprégnée en particules très-ténues, se trouve ici concentrée sur quelques points du filon en masses considérables et irrégulières qui s'étendent souvent sur une très-grande longueur avec une puissance de plusieurs mètres. Il n'est pas rare de voir sortir de la belle galerie du Pa-

cherstollen des convois entiers de cette galène compacte sans aucun mélange de gangues. Cependant il arrive plus fréquemment de la rencontrer accompagnée de fragments de grünstein, de pyrites, de quartz gris ou de jaspe. Quoi qu'il en soit, tout le minerai est, au sortir de la mine, soumis à un cassage et à un scheidage ou triage. Le cassage est pratiqué à la main et sur une enclume au moyen de petits marteaux ou d'une masse en fonte, du poids de 10 à 12 kilog., suspendue à l'extrémité d'une perche élastique. Les fragments de galène qu'on n'a pas pu dégager complétement de la gangue sont mis à part sous la dénomination de *derbe pochgänge*, pour être bocardés grossièrement à l'eau au travers de la grille. Le minerai massif ou scheideerz proprement dit est transporté au bocard à sec.

La *Pl. XIII*, *fig.* 14 et 15, représente en coupe verticale et en coupe horizontale la disposition de l'auge de l'une des batteries de ce bocard; *c*, *c*, sont les colonnes; *p*, *p*, *p*, les trois pilons, et *m*, un fort madrier sur lequel repose la sole en fonte *f*. La table en forte tôle *t*, qui se trouve fixée au-devant de l'auge est criblée de trous de $0^m,01$ de diamètre. L'arbre à cames est placé en R et fait battre aux pilons 56 coups par minute. Pour chaque batterie de trois pilons il y a un ouvrier; il charge les minerais sur la sole au moyen d'une large pelle, puis se tenant au devant de la table il les ramène constamment sur celle-ci avec un petit râble et repousse sous les pilons les fragments qui sont encore trop gros pour la traverser. Avec deux batteries de trois pilons on peut bocarder de cette manière 40 quintaux de minerai en 24 heures.

Ce qui passe au travers de la table est reçu dans un vase en bois et versé dans la trémie *t* du trommel à claire-voie représenté *Pl. XIV, fig.* 1 et 2. Ce trommel n'est autre chose qu'un crible cylindrique en fil de fer monté sur un axe en bois. Le diamètre du cylindre est de $0^{m},80$ et sa longueur de $1^{m},20$. L'axe est incliné de 6 à 10° et porte à ses deux extrémités deux tourillons qui tournent dans des coussinets en laiton. Il marche avec une vitesse de 14 tours par minute en recevant son mouvement de l'arbre à cames du bocard au moyen d'une courroie sans fin et de l'engrenage conique *c*. Dans la moitié supérieure du crible, les fils de fer ont un écartement de $0^{m},002$, et dans la moitié inférieure de $0^{m},005$. Ainsi donc, les minerais bocardés introduits dans la trémie et tombant dans le trommel, sont classés en trois catégories de grosseur. *Le fin* ou staub qui se rassemble dans la case *f*, *le moyen* ou kehren dans la case *m*, *et le gros* ou graupeln dans la case *g*. Il me paraîtrait convenable de remplacer ici ce bocard à sec par une paire de cylindres broyeurs semblables à ceux du Hartz ou de Tarnowitz; l'ouvrage serait tout aussi bien fait et il y aurait en tout cas une économie considérable de main-d'œuvre.

Minerai à débourber.

On comprend sous cette dénomination (wascherze) la totalité des menus de la mine (grubenklein), puis les gangues souvent encore riches qui se trouvent accumulées dans quelques anciennes haldes.

Toutes ces matières sont toujours souillées de boue et sont de calibre très-différent. Il devient donc avant tout nécessaire de les débourber afin **Débourbage et classification.**

le laisser retomber ensuite sur le crible. Les secousses brusques qui en résultent empêchent l'encombrement du crible et facilitent le criblage. Dans la partie supérieure du cône, le crible est très-serré et se trouve enveloppé par un coursier en planches *l*, qui communique avec un canal *z* placé dans le sol de l'atelier. La partie inférieure du crible est libre; les fils de fer y sont espacés de 0^m,005. *a*, *b*, *d*, sont trois tables inclinées recouvertes par des feuilles de tôle. Si nous retournons maintenant pour un instant au grand trommel dont la *fig.* 5, *Pl. XIV*, représenterait à peu près la coupe longitudinale, nous le trouvons muni à sa partie inférieure d'une couronne C de 0^m,15 de large et dans laquelle sont disposées normalement 20 palettes en tôle. Ces palettes ont une hauteur de 0^m,085. Sur les bras en fer qui relient les parois du tambour plein à l'arbre, est aussi fixé un second trommel semblable de diamètre moindre que le premier, mais dont les flancs formés de barres de fer sont à claire-voie. L'extrémité inférieure de ce petit trommel intérieur porte de même une couronne à augets *c*.

Il sera maintenant facile de comprendre le jeu de la machine. Les minerais tombent avec l'eau à l'extrémité supérieure du trommel intérieur, et comme tout le système est en mouvement autour de l'axe A, ils descendent et ne tardent pas à arriver en $(X=x)$. Durant ce trajet ils ont achevé de se débourber et se sont divisés en deux catégories, *le menu* ayant traversé le petit trommel, tandis que *le gros* est demeuré dans son intérieur. Ils tombent donc en $(x=X)$, l'un dans la couronne *c* et l'autre dans la couronne C. Lorsque les deux palettes deviennent successive- **Jeu de la machine et marche du travail.**

ment verticales en ($x'=X'$), le gros glisse hors de l'appareil sur le plan incliné *p*. Les eaux de lavage se rassemblent dans la couronne C qui les verse de même avec le menu sur le plan incliné P. Le gros minerai glissant sur le plan incliné *p* finit par tomber sur la table *a* (*Pl. XIV*). Quant au menu, il est soumis à une classification ultérieure dans le crible conique T. Il se rend dans ce trommel par le canal P π qui n'est que la continuation du plan incliné P. Arrivés là, l'eau et les schlamms traversent la partie serrée du crible et se rassemblent dans le coursier *l*, et de là dans le canal *z* situé au-dessous. Ce qui n'a pu passer en *l* traverse le crible en *e* et tombe sur la table *b*. Enfin, ce qui n'a pu passer ni en *l* ni en *e* sort du trommel et tombe sur la table *d*. Ainsi donc, le minerai du wagon W se trouve débourbé et classé par la machine en quatre catégories de grosseur, savoir :

Produits.

1° *Le gros* sur la table *a*.
2° *Le moyen* sur la table *d*.
3° *Le fin* sur la table *b*.
4° *Les schlamms* dans le canal *z*.

Le numéro 1 est soumis à un triage et à un cassage qui donnent :

a. Des gangues à rejeter.
b. Du minerai massif à bocarder à sec.
c. Du minerai à bocarder grossièrement.
d. Du minerai à bocarder à mort.

Les numéros 2 et 3 sont conduits sur les tamis à secousse.

Le numéro 4 se rend dans un étang où les boues se déposent.

Service du trommel.

Avec un ouvrier occupé à décharger les tables dans des brouettes qu'il conduit immédiatement à leur destination, et un second ouvrier occupé

à surveiller l'approvisionnement de la trémie, on peut élaborer ainsi en douze heures plus de 60 mètres cubes de minerai.

Quantité de minerai élaborée.

Comparaison avec l'appareil silésien.

En passant par la haute Silésie, avant de me rendre à Schemnitz, j'avais déjà vu des appareils de ce genre établis par M. le bergmeister de Carnall dans l'atelier de Friedrich's Waesche près Tarnowitz. (Voy. la description qu'en a donnée M. A. Delesse dans la seconde partie de son *Mémoire sur la préparation mécanique de la galène et de la calamine*. Ann. des Mines, 1844, 4e série, t. VI.) Quoiqu'il ne soit pas rigoureusement possible de comparer ces deux machines, puisqu'elles travaillent dans des conditions qui ne sont pas exactement les mêmes, je crois cependant que celle de Schemnitz, dont je viens de m'occuper, pourrait être d'un usage plus général. Les frais d'établissement sont peu considérables et sa construction est assez simple pour pouvoir être entreprise partout avec l'aide de simples ouvriers. Enfin, elle travaille plus rapidement et ne consomme pas autant de main-d'œuvre que le trommel silésien.

Tamis à secousse.

Les tamis à secousse (setzsiebe) usités à Schemnitz (*Pl. XIV*, *fig.* 6 et 7), sont construits un peu différemment de ceux employés dans d'autres districts métallifères. C'est essentiellement le manque d'eau qui a motivé cette construction. On se sert des tamis à secousse pour opérer la classification par ordre de richesse des catégories de minerais nos 2 et 3 obtenus dans l'opération précédente du lavage au trommel. Le tamis a seulement 0m,45 de diamètre, et peut, au moyen de la disposition connue, se mouvoir verticalement dans son tonneau cylindrique à la manière

absolument exactes, car je me suis borné *à me servir du pas* pour mesurer les plus grandes distances. Le petit bâtiment (*Pl. XVI, fig.* 1) contient 30 pilons mus par les deux roues hydrauliques A, B, ayant chacune 4m,10 de diamètre sur une largeur intérieure de 2 mètres. Les eaux motrices de ce premier bocard tombent de là, dans le grand bâtiment, sur les roues hydrauliques C, D, qui font marcher 36 pilons. Ces deux dernières roues ont chacune un diamètre de 6m,80 sur une largeur intérieure de 1m,80; elles reçoivent l'eau un peu sur le côté et sont munies d'augets courbes en tôle. Les moulins en M sont au nombre de 58; ils sont mis en mouvement par la roue hydraulique E, d'un diamètre de 5 mètres sur une largeur de 0m,31, au moyen d'un engrenage conique et d'une courroie sans fin. Cette communication a lieu au-dessous du plancher qui supporte les moulins, et la trübe du bocard inférieur est élevée au niveau de ce plancher au moyen d'une petite roue à tympan *r*. En sortant des moulins, la trübe coule sur les 42 plans inclinés P pour sortir de l'atelier en S et se rendre dans les étangs après avoir parcouru successivement les compartiments du labyrinthe L, L', L'', L'''. Au-devant de ce labyrinthe sont placées vingt tables à secousse rangées sur un seul pont en quatre divisions T, T', T'', T''' de cinq tables chacune et desservies par les deux roues hydrauliques F et G de 5m,20 de diamètre sur une largeur intérieure de 0m,90. Les schlamms *grossiers* sont élaborés sur la division T et les schlamms *moyens* sur la division T'; les schlamms *fins* sur la division T'', enfin les boues le sont sur les cinq tables T'''. En H sont placés deux caissons à or ainsi que l'établi du tireur d'or; en X et Y deux

Le *matériel* employé est réparti en 44 établissements, et se composé de: **Matériel.**

1.123 pilons, d'un poids de 90 kil. à 170 kil.
120 roues hydrauliques, de $2^{m},90$ à $10^{m},60$ de diamètre et représentant une force d'environ 590 chevaux.
388 moulins d'amalgamation, dont le mercure en roulement est estimé à une valeur de 106.197 francs.
321 anciennes tables fixes (liegende heerde).
80 tables à secousse.
36 tables jumelles.
12 caissons à or.
8 ateliers de débourbage sur des grilles, en cascades, suivant l'ancienne méthode.
1 atelier de débourbage avec le trommel.
12 tamis à secousse.

Le transport des minerais occupe continuellement 130 chariots à deux chevaux, outre les transports par chemin de fer.

Le *personnel* se compose de: **Personnel.**

2 employés supérieurs;
2 officiers subalternes;
42 conducteurs;
68 charpentiers;
690 ouvriers de toute espèce.

En 1844 on avait soumis au bocardage: 1.300.000 quintaux de minerai brut (1), qui ont produit une quantité de schlichs où la *valeur réelle*, c'est-à-dire après déduction des frais du traitement **Résultats généraux.**

---

(1) Ce chiffre doit être relativement faible, attendu que durant le cours de cette année on a mis en reconstruction un assez grand nombre d'ateliers. En 1845, il aura sûrement été de 1.600.000 ou 1.700.000 quintaux.

leur fournit la matière première qu'elles doivent élaborer. Il a pour but de mettre à nu les particules de minerai disséminées dans la gangue. Or ces particules se trouvent engagées dans cette dernière en fragments plus ou moins gros ou en particules tout à fait microscopiques. C'est ce que les mineurs allemands désignent par *grob eingesprengt* et *fein eingesprengt*. Ainsi donc, il est évident qu'il faut pousser la trituration d'autant plus loin que ces particules sont plus ténues, et que, d'un autre côté, il faut bien se garder de bocarder plus fin que cela n'est nécessaire. On doit aussi éviter l'emploi de l'eau partout où l'on pourra s'en passer. A Schemnitz, la roche métallifère est comme imprégnée par le minerai qui s'y trouve disséminé d'une manière si uniforme et en particules si ténues, qu'il est souvent impossible de les distinguer à l'œil; ceci a lieu entre autres presque toujours pour les gangues aurifères et argentifères. La proportion du minerai massif est relativement très-petite; cependant on le trie soigneusement pour le livrer, suivant sa richesse, au cassage à la main et au scheidage, au bocardage à sec ou à un grossier bocardage à l'eau. Il résulte de là que, tout en restant fidèle au principe énoncé plus haut, et qui doit être la base de toute bonne préparation mécanique, il devient ici nécessaire de bocarder aussi fin que possible, ou, en termes techniques, *de bocarder à mort* la presque totalité du minerai. On a trouvé que la dimension la plus favorable des grains à obtenir par le bocardage doit être au plus do $0^{m},00045$ en diamètre. L'énorme perte qui en est la conséquence et qui s'élève en définitive moyennement jusqu'à 40 et même 50 p. o/o du minerai traité,

Rien ne fut négligé, et l'on peut considérer l'état actuel des travaux comme le résultat de l'expérience. On fit d'abord des recherches sur le poids des pilons, leur course, leur vitesse, sur la confection des auges et des soles; ensuite on expérimenta sur la quantité d'eau à introduire dans l'auge, puis sur le mode de circulation et de sortie de cette eau (austragen der trübe) le plus favorable à employer pour le travail de chaque espèce de minerais.

Comparaison des bocards.

On conçoit qu'il était assez facile de comparer dans tous leurs résultats deux bocards différents, mais travaillant sur des minerais semblables. Un, ou mieux deux compteurs, appliqués à chaque bocard, indiquent exactement le nombre de tours de l'arbre, et, par conséquent, aussi le nombre de coups battus dans un temps donné. Ce compteur est fixé dans une petite caisse sur l'une des faces latérales de la colonne. Il se compose de six petites roues ou cadrans en fer, munis au centre d'une aiguille fixe et portant sur leur circonférence 10 dents ou crocs; ces cadrans sont placés l'un au-dessous de l'autre, et chacun d'eux engrène avec son voisin. Le cadran supérieur ou n° 1 est mis en communication avec l'arbre au moyen d'une came, d'un bras de levier en fer et d'un déclic; il avance d'un croc à chaque révolution de l'arbre. Le cadran n° 2 porte aussi 10 crocs, mais ne fait qu'un tour complet pour 10 tours n° 1 et ainsi de suite de l'un à l'autre; de sorte que l'unité ou un tour n° 6 correspond à 100.000 tours n° 1. Ces compteurs ne varient pas beaucoup; j'en ai vu indiquer exactement le même nombre de tours, et de deux d'entre eux placés sur le même arbre, l'un don-

Compteurs.

et de la manière de procéder dans chaque manipulation; mais en résumé nous avons:

1° Pour le traitement des minerais massifs ou scheideerze: Résumé.

Le cassage à la main et le scheidage; l'emploi du bocard à sec et pour la classification des grains obtenus — le trommel à claire voie.

2° Pour le lavage des anciennes haldes et des menus de la mine:

L'emploi du trommel de M. Rittinger.

3° Pour le bocardage des gangues où la partie métallique se trouve agglomérée en particules grossières (derbe pochgange): On pratique le bocardage grossier, ou raschpochen. — Le bocard est analogue à ceux employés dans le Harz; l'auge est peu profonde et la course des pilons est petite. Le volume d'eau introduit dans l'auge est très-fort (au moins de 3 pieds cubes par minute), afin que les fragments soient promptement entraînés hors de l'atteinte des pilons. La trübe s'échappe au travers d'un grillage fixé dans la paroi antérieure de l'auge de chaque batterie.

4° Pour le traitement des minerais ordinaires:

Le bocardage fin (Mildpochen) avec le bocard représenté *Pl. XI, fig.* 3 et 4.

5° Pour la séparation des schlichs les plus grossiers:

Le travail au tamis à secousse.

6° Pour la séparation ou lavage des schlichs moyens dont la grosseur des grains varie de 0m,0015 ou 0m,0020 à 0m,00025 à peu près dans leur plus grande dimension:

cette étude a aussi donné lieu à des résultats plus ou moins généraux qui, en tout ou en partie, pourraient être mis à profit par les ingénieurs d'autres pays.

Note 1. Les poids et les mesures en usage à Schemnitz, et leur rapport avec le système français, sont les suivants:

La toise ou klafter de Schemnitz = 6 pieds	= 2m,0259.
Le pied = 12 pouces	= 0m,3376.
Le pouce = 12 lignes	= 0m,0281.
La ligne	= 0m,0023.

Le quintal = 100 liv. de Vienne	= 56 kil.
La livre = 2 marcs	= 0kil.,56.
Le marc = 16 loth	= 0kil.,28.
Le loth = 4 quentchen	= 17gr.,5.
Le quentchen = 4 denaires	= 4gr.,375.
Le denaire	= 1gr.,09375.

Le florin C. M., ou bonne monnaie, a 3 pièces de 20 kreutzer = 60 kreutzer	= 2f,60.
Le kreutzer	= 0f,043.

Note 2. La *Pl. XV* (*fig.* 5 à 15) représente les détails du chemin de fer et les wagons usités à Schemnitz.

Les *fig.* 6, 7 et 8 donnent le profil, l'élévation et le plan inférieur d'un wagon. L'une des roues est mobile sur la fusée de l'essieu, l'autre est fixe. Le wagon s'ouvre par le fond; son prix d'établissement s'élève de 70 à 80 francs; l'essieu seul, en fer forgé, coûte 26 francs. A l'avant et à l'arrière de chaque convoi, qui se compose

RÉSULTATS PRINCIPAUX

Des expériences faites dans les laboratoires des départements pendant l'année 1845.

LABORATOIRE D'ALAIS,

Dirigé par M. *Lefrançois.*

1° *Calamine de Saint-Félix de Galière.*—C'est une matière de filon en masses tantôt compactes, tantôt cloisonnées. Elle sert de gangue à un minerai de galène argentifère qui s'épanche au milieu des bancs de calcaire liasique, non loin du soulèvement granitique d'Anduze; ou plutôt elle forme une partie du filon assez nettement séparée de la galène : celle-ci contient beaucoup de blende.

Les fragments qui ont été analysés étaient rougeâtres et présentaient de très-petites cavités tapissées de carbonate de zinc pulvérulent. On y distinguait aussi de la blende à l'aide de la loupe.

Ce minerai, contient 0,35 à 0,36 de zinc qui, s'y trouvant à l'état de carbonate, serait facile à extraire en grand.

La galène qui l'accompagne est à peine argentifère.

2° *Roche siliceuse*, remise par M. Leclerc, directeur de l'usine de Bessége. — Cette roche a toute l'apparence du silex des terrains crétacés. Elle est parsemée de petites cavités qui contiennent les

On s'est appliqué, comme par le passé, à déterminer la quantité de coke que peuvent fournir les houilles par calcination en vase clos, la quantité des cendres par incinération, et leur nature par une analyse par voie humide. Quelquefois on a dosé les diverses substances dont les cendres étaient composées et principalement on s'est attaché à déterminer la quantité d'oxyde ferrique, pour de là calculer le soufre contenu dans les pyrites qui accompagnent la houille.

On a pris la densité de chaque houille essayée, soit par la méthode des flacons, soit au moyen de l'aréomètre de Nicolson.

On a également déterminé la capacité calorifique des houilles, en les fondant avec de la litharge.

Ces divers résultats sont consignés dans le tableau suivant, qui résume les observations et opérations détaillées dans le registre du laboratoire d'Alais.

Toutes ces houilles servent à la fabrication du coke, soit en plein air, soit dans des fourneaux. Leur rendement en grand va en moyenne à 50 p. o/o.

Pour donner plus de clarté à cet exposé, j'ai cru devoir présenter ci-contre une coupe détaillée de la couche de la Grand'Baume et de la grande couche d'Abylon.

COUPE

des deux couches principales de la rive droite du vallon de la Grand'Combe.

Grès blanc. Bon toit.

GRANDE COUCHE D'ABYLON.

0,50 à 1 m. de schiste.

(N° 7.) 1 m. de charbon (La Garde). *Banc supérieur.*

0,20 de schiste.

0,52 de charbon pur (Sous-Garde).

0,04 de schiste.

0,20 de charbon impur.

0,10 de schiste.

0,35 de charbon impur.

0,04 de schiste.

(N° 6.) 0,60 de charbon pur. *Banc inférieur.*

0,02 de schiste.

0,25 de charbon tendre. Sous-cave.

0,20 de schiste.

0,80 de charbon nerveux (La Bâtarde).

Mur.

LABORATOIRE DE SAINT-ÉTIENNE,

Dirigé par M. *Gruner*.

1° *Analyses de divers calcaires de transition du département de la Loire.*

Les calcaires appartiennent au terrain *silurien* ou, selon quelques géologues, à l'étage *dévonien*. Ils sont à la base du dépôt anthraxifère de l'arrondissement de Roanne, et ont d'ailleurs été décrits dans un mémoire inséré dans le tome XIX des Annales des mines, 3e série, p. 53.

On les exploite à peu près exclusivement pour la fabrication de la chaux. A Regny seul, quelques bancs plus puissants et peu fendillés sont utilisés pour pierres de taille et sciés comme marbre.

La roche est d'un gris bleuâtre plus ou moins foncé, et habituellement bitumineuse. Le choc ne développe cependant qu'une faible odeur fétide, mais elle se manifeste par l'action d'un acide et le résidu insoluble est noir avant la calcination.

L'analyse a été faite par les procédés ordinaires, en attaquant par l'acide chlorhydrique. L'eau et le bitume ont été dosés par une calcination au rouge sombre qui ne chasse point l'acide carbonique.

Comme les calcaires renferment de nombreux débris d'encrines, et que la chaux est utilisée pour l'amendement des terres, on y a recherché l'acide phosphorique. A cet effet, 10 grammes de chaque calcaire ont été traités par l'acide acétique, on a évaporé à sec, repris par l'eau et séparé le résidu qui devait contenir les phosphates. On a ensuite attaqué cette partie insoluble par du carbonate de soude et de la silice. La dissolution aqueuse fut

insoluble est d'ailleurs moins argileux que feldspathique et quartzeux. Le calcaire est effectivement criblé de petits points blancs qui sont pour la plupart formés des débris d'une roche ancienne.

2° *Essai des anthracites de l'arrondissement de Roanne.*

Le terrain dans lequel se trouvent ces anthracites, est également décrit dans le mémoire ci-dessus cité.

Tous les essais ont été faits de la même manière. On a directement incinéré 3 grammes d'anthracite dans une capsule de platine, sous la moufle d'un petit four de coupellation, et 15 gr. grossièrement concassés ont été calcinés dans un creuset de platine placé au centre d'un creuset réfractaire ordinaire. Le gaz qui se dégageait brûlait avec une flamme rouge bleuâtre à peine visible, ce qui semble bien indiquer, comme on l'a annoncé, que les anthracites ne donnent aucun hydrogène carboné à la distillation.

Le résidu de la carbonisation a toujours parfaitement conservé l'aspect du combustible brut, et la proportion des matières volatiles varie seulement entre 7 et 10 p. o/o; ce qui indique tout à la fois de véritables anthracites et une grande conformité de composition.

La proportion des cendres est toujours considérable, aussi la densité des anthracites est-elle généralement fort élevée et, à peu d'exceptions près, elles sont ternes et habituellement entremêlées de parties schisteuses.

A part l'anthracite feuilletée de La Bruyère, elles s'enflamment difficilement, mais aussi ne se consument qu'avec lenteur, ce qui les rend pré-

3° *Essai des houilles du bassin de la Loire.*

On a continué la série d'essais des houilles de la Loire, dont il a déjà été question dans les comptes rendus antérieurs. Je ne citerai ici que les essais de deux *houilles anthraciteuses*, les seules de ce genre qui existent dans le bassin de la Loire. Ce sont en effet les seules houilles de notre bassin, dont le menu ne colle pas suffisamment pour donner du coke bien agglutiné. Elles proviennent de la couche la plus inférieure du bassin de Saint-Étienne et du district de Sorbiers. Elles sont noires, et d'une faible dureté.

L'un de ces combustibles provient du puits de la Vaure, concession de la Chazotte, et l'autre, du puits Martin, territoire non concédé de la Calaminière.

Le premier a donné :

Coke.	83,4	Cendres. . .	2,08
		Charbon. . .	81,32
			83,40
Matières volatiles. . .	16,6		
	100,0		

Ce qui conduit aux rapports 0,83 de coke pur et 0,17 de matières volatiles sur 1 de houille sans cendres.

Le second a donné :

Coke.	84,0	Cendres. . .	5,04
		Charbon. . .	78,96
			84,00
Matières volatiles. . .	16,0		
	100,0		

en poudre fine dans 100 parties de marne. On est arrivé aux résultats suivants :

Numéros des marnes.	Résidu grossier.	Partie fine.	Eau.	Carbonate de chaux en poudre fine dans 100 de marne.
1	27,2	68,7	4,1	42,24
2	13,7	83,1	3,2	62,16
3	33,2	63,3	3,5	41,52
4	24,6	70,1	5,3	40,80
5	35,9	61,3	2,8	6,37
6	31,3	63,2	5,5	15,42

Les résidus des n°s 1 à 4 sont assez fins et en grande partie formés de fragments calcaires blancs. Le n° 3 seul est peu ferrugineux. L'acide acétique laisse une matière argileuse grise.

Le résidu du n° 5 est en grande partie du quartz ferrugineux ; et le n° 6 a laissé des noyaux blancs calcaréo-marneux.

On voit que le n° 2 doit être de beaucoup la marne la plus active.

5° On a essayé un grand nombre de terres réfractaires tertiaires de la plaine du Forez, dont plusieurs sont aujourd'hui utilisées dans nos fabriques de briques réfractaires, à Saint-Étienne et Andrezieux. La terre de la plaine du Forez n'est cependant en général pas aussi infusible que celles de Courpières, près de Thiers, ou du Theil sur le Rhône.

Essai de trois terres des environs de la Voulte. —Un propriétaire des environs de la Voulte (Ardèche) a envoyé à l'école trois échantillons de

Analyse des eaux extraites de la mine de la Chauvetière près Saint-Étienne; par M. Janicot, préparateur de chimie.

Dans le courant du mois de juin, les exploitants de la mine de houille de la Chauvetière, voulant reprendre les travaux qui étaient abandonnés depuis quelque temps, ont épuisé les eaux qui inondaient les galeries; mais ces eaux, se rendant dans la rivière qui passe dans la ville, ont altéré à un tel point l'eau de cette rivière que des plaintes très-vives se sont manifestées; on a donc dû procéder à la fermeture du puits, et avant de prendre cette mesure, on a fait analyser l'eau sortant de la mine.

Voici les résultats obtenus sur un litre d'eau :

	gr.
Sulfate de protoxyde de fer (couperose verte). .	5,10
Sulfate d'alumine.	1,00
Sulfate de chaux.	0,91
Un peu de sulfate de manganèse.	»
	7,01

Soit 7 kil. de sulfates en dissolution par mètre cube d'eau.

Or, comme l'extraction était en moyenne par vingt-quatre heures, de 360 mètres cubes d'eau, il sortait dans ce laps de temps, de la mine, 2.520 kil. de sulfates sur lesquels il y avait 1.800 kil. de couperose verte.

LABORATOIRE DE DIJON,

Dirigé par M. *L. Guillebot de Nerville.*

1° *Analyse d'un calcaire magnésien de Malain (Côte-d'Or).*

La construction du long tunnel de Blaisy (che-

d'une épaisseur totale de $1^m,70$, séparés par deux lits de marnes verdâtres bariolées, d'une puissance moyenne de $0^m,80$; il est compacte, à cassure esquilleuse, d'une teinte grise verdâtre assez claire; il présente çà et là quelques cavités cariées souvent tapissées de cristaux microscopiques assez caractéristiques des roches dolomitiques; il fait avec les acides une effervescence très-lente.

L'analyse d'un fragment de ce calcaire a donné les résultats suivants :

Carbonate de chaux.		0,515
Carbonate de magnésie.		0,359
Argile et peroxyde de fer.	Silice. 0,104 Alumine et fer. 0,014	0,118
Perte.		0,008
		1,000

On devait supposer, d'après cette composition, que ce calcaire ne donnerait point à la calcination un véritable ciment, et qu'il se comporterait comme le ferait un mortier de chaux hydraulique renfermant 50 p. o/o environ de sable fin; effectivement, il a été expérimenté très en grand, on a en fait cuire plusieurs hectolitres dans un four à ciment ordinaire, après avoir eu le soin d'entourer chaque fragment d'un anneau de fil de fer, pour permettre un triage exact au défournement; la pierre calcinée a été broyée sous des meules horizontales, blutée, puis gâchée avec de l'eau; la prise a eu lieu à l'air libre (température de 15° centigrades) en 20 minutes, et sous l'eau en 25 minutes; un prisme rectangulaire de ce ciment, de 16 centimètres carrés de section, soumis à l'épreuve de la traction 24 heures après l'instant de la prise, s'est rompu sous l'effort d'un poids de

Dix grammes fortement calcinés, puis attaqués par l'acide hydrochlorique, ont donné lieu à un dégagement très-sensible d'hydrogène sulfuré; toute l'argile non dissoute est restée en suspension à l'état floconneux et gélatineux dans la liqueur hydrochlorique; il ne s'est point déposé de sable quartzeux inattaqué. Ainsi ce calcaire renferme en mélange intime de la pyrite de fer, dont la transformation en peroxyde hydraté, par l'action de l'air et de l'eau, aux affleurements, occasionne la coloration ocreuse que j'ai signalée plus haut, et toute l'argile mélangée au carbonate de chaux s'y trouve dans les conditions voulues pour rendre la roche hydraulique lors de la cuisson.

En temps ordinaire ce ciment fait prise en cinq minutes. On a commencé à l'exploiter en grand et on le prépare à Pont-de-Pany, sur les rives du canal de Bourgogne. Les bancs de calcaire marneux de Savigny-sous-Mâlain se prolongent sans variation d'épaisseur, et probablement avec la même composition chimique, jusque sur les flancs de la montagne de Blaisy, où sont commencés les travaux du tunnel; ce serait donc là l'un des gîtes de pierre à ciment que l'on pourrait le plus utilement exploiter pour les travaux. Il sera bon cependant de voir, par une expérience d'une année, comment se comporte à l'air, à l'eau et à la gelée ce ciment, sur la nature duquel on pourrait conserver quelques doutes, en raison du sulfure de fer qu'il renferme toujours.

3° *Analyse d'un calcaire marneux exploité pour ciment, à Vaux (Côte-d'Or), dit ciment de Châtillon.* — Ce calcaire marneux appartient aussi au lias (partie supérieure); il est situé un peu au-dessus des bancs de calcaire noduleux-fer-

rugineux proprement dit, et il correspond exactement par sa position géologique au ciment de Vassy (Yonne). Trois bancs d'une épaisseur moyenne de 20 à 25 centimètres, séparés par deux lits de marnes feuilletées noirâtres, l'un de 1m,35 l'autre de 0m,20 d'épaisseur, ont été exploités en grand, ces années dernières. Il est gris de fumée, à structure grossièrement feuilletée, à râclure blanchâtre; il présente quelques nodules d'une couleur moins foncée que la masse et renferme de nombreuses bélemnites; sa pâte est mélangée, comme celle du calcaire de Savigny-sous-Mâlain, d'une petite proportion de pyrite de fer qui produit un dégagement d'hydrogène sulfuré très-sensible lorsqu'on l'attaque par l'acide hydrochlorique après l'avoir préalablement calcinée. La décomposition de ces pyrites, et la réaction du sulfate de fer qui en résulte sur le carbonate de chaux des assises marneuses inférieures, donnent lieu à la production du sulfate de chaux, qui cristallise en petites aiguilles entre les feuillets des marnes.

Des fragments des trois bancs ont perdu très-approximativement le même poids à la calcination; on a donc jugé inutile de faire trois analyses; on s'est en conséquence borné à rechercher la composition d'un fragment du banc inférieur; on a trouvé :

Carbonate de chaux.	0,701
Argile.	0,257
Peroxyde de fer.	0,022
Excédant de perte au feu (soufre et bitume). .	0,020
	1,000

On s'est assuré, par une attaque à l'acide hydrochlorique du calcaire calciné, que toute l'argile

qu'il renfermait pouvait entrer en combinaison avec la chaux et donner un silicate possédant la propriété de durcir presque instantanément en s'hydratant.

Un prisme de ce ciment, à section carrée de 3 centimètres de côté, soumis à l'épreuve de la rupture par traction après vingt jours d'immersion sous l'eau, ne s'est brisé que sous un poids de 87 kilog.

Le calcaire marneux de Vaux alimentait une fabrique de ciment dont les produits commençaient à être connus sous le nom de ciment de Châtillon, mais qui vient d'être fermée pour un temps indéfini (1). Chaque mètre cube coûtait 9 fr. 95 c. (exploitation, transport à l'usine et indemnité au propriétaire du sol), et donnait 1.000 kilog. de ciment au prix de revient de 32 fr., prêt à livrer en tonnes.

4° *Analyse d'un calcaire marneux exploité pour ciment à Venarey* (*Côte-d'Or*). — C'est encore la formation marneuse du lias qui recèle ce ciment, mais il y est situé au-dessous du calcaire noduleux-ferrugineux, à peu de distance (15 mètres) au-dessus du calcaire à gryphées. Il est à pâte fine grisâtre, un peu schisteuse, tachant légèrement les doigts; il renferme de petits lits marneux qui s'effleurissent et se délitent très-vite à l'air, et présentent de nombreuses empreintes d'ammonites avec quelques bélemnites. On peut l'exploiter sur 5 ou 6 mètres de hauteur.

---

(1) L'éloignement de cette fabrique de toute voie d'eau navigable restreignait trop ses débouchés.

Son analyse a donné :

Carbonate de chaux. .	0,602
— de magnésie.	0,088
Argile.	0,278
Peroxyde de fer. . . .	0,012
Bitume, etc.	0,020
	1,000

Toute l'argile contenue en mélange intime dans ce calcaire est apte à lui communiquer par la calcination les propriétés hydrauliques, et l'usage en grand qu'on a déjà fait du ciment qu'il produit a prouvé qu'il était l'un des meilleurs de la Côte-d'Or.

La pierre à ciment de Venarey est exploitée depuis un an environ, elle revient à 4 fr. 50 c. le mètre cube sur place, on la transporte à Montbard par le canal de Bourgogne, et le ciment fabriqué s'y vend 40 à 45 fr. les 1.000 kilog., sous le nom de ciment de Montbard.

5° *Analyse du minerai de fer d'Arcenay* (*Côte-d'Or*). — Ce minerai appartient par sa position géologique au lias inférieur; c'est, à vrai dire, le prolongement sur le plateau d'Arcenay de la couche de fer hydroxydé en plaquettes géodiques de Montlay, dont l'analyse a été donné dans le t. IV de la 4e série des Annales des mines, p. 151.

Les plaquettes de fer hydroxydé, à structure concrétionnée et cloisonnée, présentant des zones dont la couleur varie du jaune pâle d'une argile ocreuse durcie à la teinte brune violacée de peroxyde de fer hydraté très-manganésifère, forment une couche bien réglée de $0^m,30$ de puissance moyenne, reposant sur un banc d'argile blanche de plus de 2 mètres d'épaisseur, et recou-

verte de 1 mètre environ de terre végétale et d'argile grisâtre.

On rencontre dans cette couche de minerai de fer de nombreuses coquilles fossiles; elles sont complétement transformées en peroxyde de fer hydraté; ce sont les mêmes espèces qui, à Thostes, Beauregard, Montigny et Chamont (arrondissement de Semur), se présentent si fréquemment avec un têt de fer oligiste parfaitement cristallisé. On y remarque des *ammonites*, des *vénus*, des *arches*, des *astartes*, et de nombreux polypiers des genres *astréa*, *turbinolia*, etc., etc.

L'analyse de ce minerai a donné les résultats suivants :

Peroxyde de fer.	0,734
Oxyde rouge de manganèse. .	0,036
Oxyde de chrôme.	traces notables.
Alumine soluble.	0,011
Argile et silice gélatineuse. . .	0,076
Perte au feu, eau, oxygène. .	0,143
	1,000

Teneur en fer métallique : 50,90 p. 0/0.

L'essai par voie sèche de 25 grammes de ce minerai a pleinement confirmé les résultats de l'analyse précédente; on avait employé comme fondant 1g,50 de dolomie, on a obtenu un culot de fonte qui pesait 12g,98, et une scorie bien fondue, vitreuse, transparente, couleur jaune de miel. La fonte était blanche, lamelleuse et très-résistante sous le marteau.

Le minerai d'Arcenay est fort riche et d'excellente qualité, c'est, en quelques points de la couche, de l'hydrate de peroxyde de fer presque pur; ce gîte n'est d'ailleurs situé qu'à 6 kilom. des hauts-fourneaux de la Maisonneuve, et son ex-

3 mètres cubes de minerai brut donnent habituellement au lavage 1 mètre cube de minerai propre à la fusion; j'appelle ici minerai propre à la fusion celui qu'un nouveau lavage n'enrichirait plus et qu'on expédie tel quel au haut-fourneau de Veuvey, mais les analyses suivantes montreront quelles variations de composition présentent les mines de Comtard, extraites sur deux points différents de la propriété et préparées cependant avec tous les soins possibles.

L'analyse d'un minerai de Comtard destiné à un premier approvisionnement du haut-fourneau de Veuvey a donné les résultats suivants :

Peroxyde de fer.	0,365
Oxyde rouge de manganèse. . . .	0,010
Traces d'acide phosphorique. . .	»
Alumine soluble.	0,021
Carbonate de chaux.	0,468
Argile.	0,070
Perte au feu excédant l'acide carbonique, eau, oxygène, etc. .	0,066
	1,000

Teneur en fer métallique : 25,3 p. 0/0.

L'analyse d'un échantillon de minerai provenant du dernier approvisionnement du même haut-fourneau de Veuvey a donné :

Peroxyde de fer.	0,229
Oxyde de manganèse.	0,007
Traces d'oxyde phosphorique. .	»
Alumine soluble.	0,014
Carbonate de chaux.	0,621
Argile.	0,090
Eau, oxygène, etc.	0,039
	1,000

Teneur en fer métallique : 15,87 p. 0/0.

laquelle la silice domine, et mélangés de fragment de grès ferrugineux ainsi que de nombreux débris de plaquettes et de rognons purement argilo-siliceux.

Ce minerai ne contient point de grains attirables au barreau aimanté; son analyse a donné :

Peroxyde de fer.	0,5950
Oxyde rouge de manganèse.	0,0090
Traces d'oxyde de chrôme.	»
Acide phosphorique.	0,0046
Sable quartzeux et silice gélatineuse.	0,2260
Alumine soluble.	0,0330
Faibles traces de carbonate de chaux. .	»
Eau et oxygène.	0,1240
Perte.	0,0084
	1,0000

Teneur en fer métallique : 41,23 p. o/o.

20 grammes de ce minerai ont été essayés par voie sèche avec 3 grammes de dolomie pulvérisée; les résultats de cet essai se sont accordés avec ceux de l'analyse par voie humide, et l'on a obtenu un culot de fonte blanche à grains fins, peu résistante, qui pesait 8g,43. La scorie était bien fondue, translucide et de couleur grise.

Ce minerai ne renferme pas d'arsenic, on s'en est assuré par l'épreuve à l'appareil de Marsh; mais la quantité notable d'acide phosphorique qu'il contient nuirait beaucoup à la qualité du fer si l'on voulait le consacrer à la fabrication des fontes d'affinage. On pourra l'appliquer, au contraire, avec succès à la production des fontes de moulage en première fusion; il devra être mélangé, au gueulard, avec 12 ou 15 p. o/o de castine, ou avec le tiers de son poids de mines grises oxfordiennes du Châtillonnais, qui renferment

moyennement 45 p. o/o de carbonate de chaux.

On trouve accidentellement dans la couche de minerai dont je viens de donner l'analyse, un banc de grès ferrugineux qui l'envahit quelquefois en entier, et qu'on a songé, en raison de son importance, à utiliser aussi comme minerai; ce grès, à cassure luisante, souvent fendillé et alors à joints ocreux, est intimement pénétré d'hydroxyde de fer; lorsqu'on en fait digérer de petits fragments dans l'acide hydrochlorique, on parvient assez vite à les décolorer, et le grès blanc qui en résulte s'égrène facilement entre les doigts; son analyse a donné :

Peroxyde de fer. . . .	0,446
Alumine soluble.	0,010
Sable quartzeux.	0,466
Perte au feu, eau, etc.	0,078
	1,000

Teneur en fer métallique : 30,90 p. o/o.

Ce minerai est extrêmement réfractaire, il ne pourrait être convenablement employé que pour aider à faire fondre des minerais alumineux, comme on n'en traite point encore dans le Châtillonnais; il m'a paru en conséquence qu'il y avait lieu de conseiller d'abandonner son exploitation.

8° *Analyses de divers métaux de cloches.* — Les analyses dont les résultats sont présentés dans le tableau suivant, ont eu pour but de servir de bases à la rédaction des devis de refonte des anciennes cloches de diverses communes du département de la Côte-d'Or, et aux procès-verbaux de réception des nouvelles.

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
Cuivre.	0,7806	0,7782	0,7856	0,7521	0,7001	0,7642	0,8050	0,7542	0,7695
Étain. .	0,2154	0,2123	0,2074	0,2138	0,2122	0,2358	0,1950	0.2390	0,2169
Plomb.	0,0040	0,0095	0,0070	0,0341	0,0477	traces	traces	0,0068	0,0136
Zinc. .	»	»	»	»	0,0400	»	»	»	»
Fer. . .	»	»	»	traces	traces	traces	»	»	traces
Totaux.	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000

(1) Ancienne cloche de Licey.
(2) *Id.* de Charrey.
(3) *Id.* de Courcelles-les-Semur.
(4) *Id.*. de Bondreville.
(5) Seconde cloche de Bondreville; ce métal a été jugé renfermer trop de plomb et de zinc pour pouvoir être refondu sans compromettre la solidité de la cloche neuve.
(6) Nouvelle cloche d'Échevronne.
(7) *Id.* d'Essarois.
(8) Jet de deux cloches fondues dans une même opération pour la commune de Cussey-les-Forges.
(9) Nouvelle cloche de Fontaine-Française. Si l'on compare cette dernière analyse à celle du métal de l'ancienne cloche de Fontaine-Française (travaux de 1844), on reconnaîtra que la composition de bronze n'a pour ainsi dire point subi de variation dans l'opération de la refonte, qui a eu lieu avec les plus grands soins.

LABORATOIRE D'ANGERS,

Dirigé par M. *Cacarrié.*

Analyse de calcaires hydrauliques de Doué. — Tous les calcaires analysés appartiennent à la partie inférieure du terrain jurassique des environs de Doué. Plusieurs bancs sont exploités pour la fabrication de la chaux hydraulique. Faute de connaître la composition de toutes les variétés de calcaire qu'on y rencontre, on se borne à se servir de quelques bancs seulement qui ont donné de bons résultats; le reste est à peu près sans emploi. L'aspect de ces calcaires m'a fait penser que l'on pourrait utiliser certaines assises que l'on rejette actuellement, et que l'on trouverait même des calcaires plus hydrauliques que ceux employés. Ces prévisions ont été réalisées comme le montrent les résultats de l'analyse. Les échantillons que j'ai recueillis donnent des coupes complètes des deux carrières de MM. Grimaud et Boron.

Première carrière.

	Épaisseur des bancs. m.
1. Calcaire.	0,35
2. Calcaire argileux.	0,45
3. Calcaire.	0,16
4. Calcaire argileux.	0,10
5. Calcaire.	0,12
Argile, environ.	0,05
6. Calcaire mélangé de lits d'argile. .	0,30
7. Calcaire / 8. Calcaire argileux } mélangés. . . .	0,35
9. Calcaire.	0,20
10. Calcaire.	0,25
11. Calcaire.	0,20
Hauteur totale.	2,53

Seconde carrière

		m.
1.	Argile calcaire.	»
2. 3.	Calcaire / Calcaire } mélangés d'argile.	2 00
4.	Calcaire argileux.	0.25
5.	Calcaire.	0,50
	Argile.	0,06
6.	Calcaire.	0,15
	Argile.	0,15
7.	Argile calcaire.	0,25
	Argile.	0,05
8.	Calcaire.	0.60
	Argile.	0,10
9.	Calcaire.	0,60
	Argile.	0,05
10.	Calcaire.	0,15
	Argile.	0,30
11.	Calcaire contenant un lit sableux.	0,60
12.	Calcaire.	1,00
		6,81

Les numéros indiquent l'ordre de superposition de bas en haut. Tous les échantillons sont d'un blanc sale, à cassure terreuse. Sauf le n° 12, qui est très-dur, ils ont peu de ténacité et de dureté, et d'autant moins qu'ils contiennent plus d'argile. Avant d'être analysés, ils ont été desséchés au soleil, afin de représenter l'état le plus habituel de la pierre employée à la fabrication de la chaux. L'analyse a été faite en déterminant par la calcination le poids de la chaux et de l'argile, et celui de l'argile seule par le résidu d'une attaque par l'acide hydrochlorique faible. La magnésie a été recherchée dans toutes les dissolutions, aucune n'en contenait. Toutes les argiles, après la calcination du résidu laissé par l'acide, étaient légèrement colorées par de l'oxyde de fer.

Je me suis assuré, en recherchant cet oxyde dans les résidus argileux des numéros 1 de la première carrière, et 6 de la seconde, que la quantité en était trop petite pour être dosée, et que par conséquent, la suroxydation du fer dans la calcination et le grillage des résidus ne pouvait causer d'erreur appréciable. J'ai examiné les résidus argileux des numéros 1 et 3 de la première carrière, et 7 et 10 de la seconde, pour savoir si les calcaires contenaient une quantité notable de quartz en mélange intime. Pour cela, j'ai dissous, dans l'acide hydrochlorique concentré, le produit dela calcination des calcaires, chaux et argile; la dissolution s'est faite rapidement avec séparation de silice en gelée. Cette silice, séparée de la liqueur et bien lavée, a été dissoute par la potasse caustique, sans laisser de résidu sensible. Ainsi, ces calcaires ne contiennent que de l'argile et point, ou presque point, de quartz non combiné.

Observations particulières sur quelques calcaires.

PREMIÈRE CARRIÈRE, n° 3. Le résidu de la pre mière calcination était complétement pulvérulent, au lieu que les autres étaient légèrement frittés. Ceci m'avait fait penser que ce calcaire pourrait contenir du quartz non combiné.

SECONDE CARRIÈRE. Le n° 1, composé d'à peu près parties égales de carbonate de chaux et d'argile, a donné un résidu fortement fritté.

Le n° 7, qui contient beaucoup d'argile, a produit, par la calcination, une masse très-blanche, très-légèrement frittée. La petite quantité d'eau trouvée pour cette argile m'a fait recom-

mencer l'analyse; la seconde opération m'a donné les mêmes chiffres.

J'ai réuni en un tableau les résultats de l'analyse de ces calcaires. (Voir ce tableau plus loin.)

L'inspection des nombres qu'elle a fournis montre que : dans la première carrière, les numéros 1, 3, 6, 10 et 11 sont de bons calcaires hydrauliques; les numéros 5, 7 et 9, quoique moins bons, peuvent être aussi employés; les numéros 4 et 8 sont des ciments naturels; le numéro 2 contient trop d'argile.

Dans la seconde carrière, les numéros 2, 3, 8, 9, 10, sont de bons calcaires hydrauliques; le numéro 11 médiocre; les numéros 4, 5, 6, des ciments naturels; les numéros 1 et 7 contiennent trop d'argile; le numéro 12 n'en contient point assez.

Essai de deux anthracites des mines de Ballée (Mayenne). — N° 1. Anthracite schisteuse contournée, brillante, dure, d'un éclat semblable à celui du schiste houiller. Le coke en est pulvérulent; les cendres, légèrement colorées.

N° 2. Anthracite schisteuse, d'un gris terne, en petits fragments ou en poussière, tachant les doigts comme la plombagine. Le coke est pulvérulent; les cendres en sont blanches.

Ces deux anthracites proviennent de couches régulières qui ont été les premières découvertes dans le département de la Mayenne.

Les résultats de l'essai rapportés à l'unité sont :

Analyse de calcaires hydrauliques de Doué.

PREMIÈRE CARRIÈRE.

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Carbonate de chaux.	0,8394	0,6217	0,8704	0,6972	0,8971	0,8482
Argile.	0,1400	0,3550	0,1250	0,2875	0,1000	0,1350
Eau.	0,0206	0,0233	0,0046	0,0153	0,0029	0,0168
	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	»
Carbonate de chaux.	0,8793	0,7328	0,8971	0,8438	0,8660	»
Argile.	0,1100	0,2400	0,1000	0,1500	0,1250	»
Eau.	0,0107	0,0272	0,0029	0,0062	0,0090	»
	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	»

SECONDE CARRIÈRE.

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Carbonate de chaux.	0,4219	0,7861	0,7816	0,7017	0,7328	0,7106
Argile.	0,4500	0,1875	0,1950	0,2750	0,2375	0,2750
Eau.	0,1281	0,0264	0,0234	0,0233	0,0297	0,0144
	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)
Carbonate de chaux.	0,2132	0,7638	0,8216	0,8704	0,8882	0,9326
Argile.	0,7800	0,2100	0,1500	0,1200	0,1000	0,0550
Eau.	0,0068	0,0262	0,0284	0,0096	0,0118	0,0124
	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000

LABORATOIRE DE CARCASSONNE.

Dirigé par M. *L. Ville*.

Minerai de fer de Montjoi, n° 1. L'échantillon analysé provient des mines de fer de Montjoi, commune de Montjoi, canton de Mouthoumet, arrondissement de Carcassonne, département de l'Aude. Il est formé de carbonate de fer cristallisé en larges lames, d'un blanc jaunâtre à sa surface, par suite d'une légère décomposition, et contient du quartz blanc en petits filons irrégulièrement disséminés, et des pyrites de fer en masses amorphes et en cristaux cubiques. Le fragment analysé ne contenait pas de pyrites visibles à l'œil nu.

L'analyse a donné :

Quartz et argile.	0,088
Carbonate de protoxyde de fer. . .	0,878
Carbonates de chaux et de magnésie.	0,034
Hydrate de fer.	traces
Total.	1,000

Bol d'Arménie de Paziols, n° 2. — Le bol d'Arménie analysé provient des environs de Paziols, canton de Durban, arrondissement de Narbonne, département de l'Aude. Ce minéral est une argile très-fine, grasse au toucher, happant à la langue, colorée en rouge par de l'oxyde de fer. On peut la couper facilement au couteau et lui donner un certain poli. Les acides produisent une légère effervescence due à une petite quantité de carbonate de chaux et de magnésie.

L'analyse a donné :

Silice.	0,390	0,704
Alumine.	0,298	
Chaux.	0,016	
Oxyde de fer.	0,136	
Carbonate de chaux. . . .	0,012	
Carbonate de magnésie. .	traces.	
Eau.	0,146	
Total. . . .	0,998	

LABORATOIRE DE MÉZIÈRES,

Dirigé par M. *Sauvage*, ingénieur des mines.

I. *Analyse d'une chlorite du terrain ardoisier des Ardennes.*

Nous avons été conduit, par l'examen d'un grand nombre de variétés de schistes du terrain silurien de l'Ardenne, à admettre que la coloration de ces roches doit être attribuée à la présence d'une certaine quantité du minéral que les minéralogistes désignent sous le nom de *chlorite*.

Les résultats que nous avons obtenus ont été insérés dans la troisième livraison des Annales, année 1845, sous le titre de *Recherches sur la composition des roches du terrain de transition*. Nous avons fait voir que cette chlorite, qui forme souvent le cinquième du poids de la roche, est attaquable par l'acide hydrochlorique, et qu'en considérant l'eau comme un élément électro-positif combiné avec la silice, les diverses variétés de chlorite que renferment les schistes peuvent être représentées par une formule simple. Dans toutes, en effet, la quantité totale d'oxygène des bases à un atome d'oxygène, y compris l'oxygène de l'eau, est égale à la somme des quantités d'oxygène de la silice et de l'alumine. Ce rapport ne varie ja-

à la confirmation de nos résultats. Des travaux exécutés aux environs de Nouzon, dans les couches de l'étage supérieur, ont mis à nu un petit amas d'une substance d'un beau vert foncé, en petites écailles minces, tachant les doigts, très-friable, et sans mélange de substances étrangères. Ce minéral ayant été desséché à 120°, avec le plus grand soin, la calcination en a été opérée au milieu d'un courant de gaz hydrogène afin d'éviter la suroxydation du fer et d'obtenir un dosage exact de l'eau.

La poudre impalpable a été traitée par l'acide chlorhydrique qui l'a attaquée complétement, quoique avec peine. Tout le fer était dans la dissolution à l'état de protoxyde.

Les bases ont été précipitées par le sulfhydrate d'ammoniaque et la magnésie dosée avec de grandes précautions ; on l'a recherchée au milieu des bases métalliques qui en entraînent toujours une certaine quantité, malgré la présence des sels ammoniacaux, et quoique la précipitation des bases soit faite par le sulfhydrate ammonique.

Nous avons eu les résultats suivants :

		Oxygène correspondant.	
Silice.	0,2350	0,1245	0,2289
Alumine.	0,2235	0,1044	
Oxyde ferreux.	0,2265	0,0516	0,2170
— manganeux.	0,0175	0,0039	
Magnésie.	0,1650	0,0639	
Eau.	0,1100	0,0976	
Matière étrangère, quartz.	0.0225	»	»
	1,0000		

qui confirment les faits que nous avons annoncés. Il y a égalité entre le total des quantités d'oxygène de la silice et de l'alumine (sans qu'il y ait de

(*a*) *Argile de Mœurs.*

		Quantité d'oxygène correspondante.	Rapp.
Silice.	0,2775	0,1470	3
Alumine.	0,2200	0,1027	2
Eau.	0,1070	0,0951	2
Carbonate de chaux et de magnésie. .	0,0300		
Peroxyde de fer. .	0,0120		
Traces d'alcali. . .	»		
Sable fin quartzeux.	0,3460		
Perte.	0,0175		
	1,0000		

La partie argileuse est évidemment représentée minéralogiquement par $Si^3Al^2Aq^2$ (1) et chimiquement par $(SiO)^9(Al^2O^3)^2(H^2O)^6$ en adoptant SiO pour la formule de la silice.

(*b*) *Argile de Fontaine-Denis.*

		Proportions d'oxygène.	Rapp.
Silice.	0,3450	0,1828	3
Alumine.	0,2750	0,1284	2
Eau.	0,1310	0,1164	2
Carbonate de chaux et de magnésie. .	0,0210		
Peroxyde de fer. .	0,0070		
Sable fin quartzeux.	0,2210		
	1,0000		

(1) On écrit généralement cette formule ainsi : $(AS^3 + Aq) + AAq$. C'est à tort, car rien n'autorise à supposer le mode particulier de combinaison que désigne implicitement cette formule. Cette remarque s'applique à la plus grande partie des formules de minéraux où l'on groupe ainsi les divers éléments. Cette méthode suppose un mode de combinaison tout à fait arbitraire et ne peut conduire qu'à des idées erronées.

roche à froid dans l'acide faible; il reste alors des flocons bruns de matière animale qui brûlent sans résidu.

L'ammoniaque dissout cette matière et l'on peut décolorer la roche en la traitant par ce réactif. Si l'on évapore ensuite à une douce chaleur l'ammoniaque, la dissolution abandonne une matière d'un beau jaune pâle qui a la nuance de l'orpiment.

3° *Analyse d'une roche ayant l'apparence d'un calcaire marneux de la formation du calcaire d'eau douce au-dessus du calcaire grossier.* — L'étage inférieur du calcaire d'eau douce présente, dans le département de la Marne, une variété innombrable de roches qu'il est difficile de classer d'après leurs caractères minéralogiques. Les uns ont l'apparence de calcaires blancs marneux, souvent fort tendres, happant à la langue; d'autres ressemblent aux halloysites, elles sont demi-transparentes et d'aspect corné. Cependant l'analyse démontre que ces roches ont une composition toute différente de celle qu'on serait tenté de leur attribuer au premier aperçu. La magnésie y joue un rôle très-important, soit en constituant des dolomies, soit encore en faisant partie de combinaisons silicatées. Si l'on recherche quelle a pu être l'origine de ces roches, on ne sera pas éloigné d'admettre qu'une partie de leurs éléments doit provenir de l'altération de roches magnésiennes et probablement des roches éruptives de la classe des serpentines qui ont apparu entre l'époque de la craie et celle du terrain tertiaire. A la vérité, on ne trouve sur les bords du bassin aucune trace de ces roches, et le terrain ne porte aucune trace de dislocation qu'on doive attribuer à leur éruption;

qu'une dissolution faible de potasse enlève sans attaquer aucune autre partie de la substance.

Elle renferme :

Carbonate de chaux.	0,46
Carbonate de magnésie.	0,34
Silice à l'état libre, soluble dans les alcalis.	0,08
Peroxyde de fer.	0,05
Argile.	0,07
	1,00

Les carbonates de chaux et de magnésie sont dans les proportions qui constituent la *dolomie*; il y a toutefois un petit excès de carbonate de chaux.

La présence de la silice gélatineuse dans ces roches, non point comme accident, mais comme partie constituante, est un fait que nous avons signalé pour la première fois en 1839 au sujet de la roche supérieure du grès vert de l'arrondissement de Vouziers (Annales des mines, 3e série, t. XVIII, p. 520, et dans la Géologie des Ardennes, p. 359); laquelle renferme souvent jusqu'à 0,60 de silice à l'état libre, soluble dans les alcalis. Depuis, nous avons constaté la même circonstance dans les puissantes couches de l'Oxfordclay. Nous la retrouvons aujourd'hui dans la composition de ces roches tertiaires.

Le calcaire de Champillon pourrait être essayé comme calcaire hydraulique; il est probable qu'on en obtiendrait de bons résultats; les 0,08 de silice gélatineuse contribueraient puissamment à la solidification. Au moment où de grands travaux de chemin de fer vont être entrepris dans cette localité, il est important de signaler tous

formation du grès vert dans le département des Ardennes, se prolonge dans la Marne au delà de Sainte-Menehould, et jusque auprès des vallées de l'Ornain et de la Saulx.

Nous avons fait connaître depuis plusieurs années la composition remarquable de certains bancs de cette roche, qui renferment une grande quantité de silice gélatineuse. Cette propriété pouvant être mise à profit pour la fabrication des chaux hydrauliques, il importe de rechercher si la composition de la roche est restée uniforme et conserve à l'extrémité de l'étage les mêmes propriétés. On sait depuis longtemps qu'en mélangeant de la silice gélatineuse à de la chaux grasse, on donne à cette dernière la propriété de durcir sous l'eau, et par conséquent il n'est pas douteux que l'on ne puisse obtenir les mêmes résultats en mélangeant avec la chaux grasse la gaize réduite en poudre. Cette idée, séduisante au premier abord, n'est guère susceptible d'application dans le département des Ardennes, d'une part, parce qu'il abonde en chaux hydraulique d'excellente qualité fournie par les calcaires du lias qui reviennent à bas prix, et d'une autre, parce que la composition de la roche est très-loin d'être constante et que la teneur en silice varie considérablement d'un point à l'autre, et dans la même carrière, d'une couche à la suivante. Cette teneur n'étant liée à aucun caractère minéralogique, on ne peut être sûr, *à priori*, d'obtenir de l'uniformité dans la qualité de la chaux, condition indispensable dans l'exécution de travaux importants.

Toutefois, dans le département de la Marne, où les chaux hydrauliques sont à un prix élevé, et où de grands travaux de chemins de fer et de ca-

naux sont en cours d'exécution, cette propriété de la gaize pourrait être mise à profit; malheureusement, il paraît que la teneur en silice diminue dans la partie méridionale de la formation. C'est ce qui résulterait de la composition suivante de la gaize de Sommeille.

Eau		0,0183
Silice gélatineuse		0,0800
Argile.	Silice	0,1200
	Alumine	0,0578
Peroxyde de fer et traces de protoxyde		0,0413
Carbonate de chaux		0,0240
Magnésie		0,0160
Potasse		0,0100
Quartz (sable fin)		0,6026
		1,0000

Elle ne contient que 8 p. o/o de silice libre, proportion insuffisante pour qu'on puisse l'utiliser de la manière qui vient d'être indiquée.

Cette gaize est un peu plus grenue que celle de Vouziers, sa densité est 2,70. Elle renferme les mêmes éléments que cette dernière, mais en proportions différentes. On doit remarquer qu'il y existe une assez forte proportion d'alcali. Indépendamment de la silice libre, il s'y trouve de l'argile et une combinaison silicatée de protoxyde de fer et de magnésie dans laquelle entre probablement aussi la potasse.

NOTICE NÉCROLOGIQUE

Sur M. Brochant de Villiers, *inspecteur général des mines, membre de l'Académie des sciences.*

Par M. MIGNERON, inspecteur général des mines.

La famille de M. Brochant de Villiers (André-Jean-Marie) appartenait à la haute magistrature. Son aïeul et son père ont siégé en même temps au parlement de Paris.

Il est né au château de Villiers, près Mantes, le 6 août 1772.

Son père subissait alors dans ce même château de Villiers, ancien domaine de sa famille, l'exil qui frappait tous les membres du parlement de Paris, violemment dissous par un édit du 13 avril 1771.

On sait que la disgrâce de cette célèbre compagnie cessa peu de temps après l'avénement de Louis XVI au trône, et qu'elle fut reconstituée le 12 novembre 1774, aux acclamations de toute la France.

Le jeune Brochant de Villiers, tout porte à le croire, aurait suivi la carrière de ses pères si les grands événements qui marquèrent la fin du dix-huitième siècle ne fussent venus la lui fermer.

Il n'avait encore que douze ans quand il perdit son père. Son éducation, qu'une telle perte pouvait compromettre, n'en souffrit pas cependant, dirigée qu'elle fut par sa mère, femme d'un esprit supérieur et d'une solide piété.

vaux défectueux, particulièrement à ceux qui mettraient en danger la vie des ouvriers.

Par un autre arrêt, daté du 19 mars 1783, il institua une école des mines, à l'instar, disait-il, de celle qui, sous le règne de son prédécesseur, avait été fondée avec succès pour les ponts-et-chaussées.

L'école dont la France fut ainsi dotée avait son siége à l'Hôtel des monnaies de Paris. Deux professeurs y devaient être attachés : l'un pour la chimie, la minéralogie et la docimasie, l'autre pour la physique, la géométrie souterraine, l'hydraulique et l'exploitation proprement dite.

Les élèves, dont le nombre n'était pas limité, pouvaient, après trois ans d'étude et lorsqu'ils feraient preuve de capacité, être admis au grade de sous-ingénieur.

Les places d'inspecteurs et de sous-inspecteurs devaient leur être exclusivement réservées.

L'institution dont ces deux actes souverains contenaient le germe prit, en peu de temps, par le mérite des hommes qui lui vinrent en aide, une consistance dont le monarque dut être satisfait.

En 1788 la tête du corps et l'école étaient composées de la manière suivante :

Le baron de Diétrich, auquel on doit l'ouvrage intitulé : *Des gîtes minéraux de la France*, était *commissaire du Roi à la recherche des mines*.

Les inspecteurs, qui, dès lors, avaient reçu le titre d'inspecteurs généraux étaient au nombre de cinq, savoir :

Monnet, auteur d'un traité sur l'exploitation des mines.

poser à la convention d'ouvrir à l'enseignement des sciences un nouvel asile (1).

L'école des mines n'échappa point à cette proscription presque générale, et quant au service, encore naissant, qui s'y rattachait, il fut complétement désorganisé.

De toutes les écoles spéciales destinées à former des ingénieurs, une seule, celle des ponts-et-chaussées, était restée debout.

En novembre 1793, M. Brochant de Villiers fut admis à cette école privilégiée.

Effrayé des conséquences qui pouvaient résulter d'une plus longue interruption des études, le gouvernement révolutionnaire conçut le projet de remplacer les écoles spéciales qu'il avait détruites, et même l'école des ponts-et-chaussées, par une seule école dans laquelle tous les corps d'ingénieurs préposés à l'exécution des travaux publics pussent immédiatement se recruter.

Une loi du 21 ventôse an II (11 mars 1794), chargea la commission des travaux publics de s'occuper « de l'établissement d'une école centrale des » travaux publics et du mode d'examen et de con» cours auxquels seraient assujettis ceux qui vou» draient être employés à la direction de ces tra» vaux. »

Cette commission des travaux publics, création elle-même de la loi du 21 ventôse an II, réalisait en partie la pensée, naissante alors et qui, depuis, a fait la force de l'administration française, de grouper, pour les mieux régir, les diverses bran-

---

(1) Motifs du projet de loi sur l'Ecole centrale des travaux publics.

ches de services publics entre lesquelles il existe de remarquables analogies.

Elle avait dans ses attributions les ponts-et-chaussées, les canaux, les fortifications, les ports, les édifices nationaux, enfin *tous les travaux dont les fonds étaient faits par le trésor public.*

Cependant, par une exception expressément prononcée, son action ne s'étendait *ni sur la fabrication des armes, ni sur l'exploitation des mines.*

Personne n'ignore que l'école établie en exécution de la loi précitée, et conformément aux dispositions d'une autre loi rendue le 7 vendémiaire an III (28 septembre 1794), n'est autre que celle qui, sous le nom d'école *polytechnique*, s'est perpétuée jusqu'ici, sans altération sensible, malgré la diversité des formes politiques par lesquelles le gouvernement de la France a successivement passé.

Un des moyens d'exécution auxquels la commission des travaux publics s'arrêta, lorsqu'elle posa les bases de l'organisation de cette école, jusque-là sans modèle, fut de réunir à l'avance un certain nombre de jeunes hommes, assez instruits déjà, pour être placés, quoiqu'élèves eux-mêmes, à la tête des autres élèves, comme des guides immédiats, chargés de leur faciliter l'entente des leçons des professeurs.

Ces élèves d'élite reçurent plus tard le titre de chefs de brigade.

Dès qu'ils eurent été choisis, la commission des travaux publics les réunit dans une école préparatoire afin de les former à la mission qu'ils auraient à remplir et de leur bien inculquer les principes

de la grande institution qu'ils devaient contribuer à fonder.

Au mois de thermidor an II (août 1794), M. Brochant de Villiers fut admis à cette école préparatoire, véritable berceau de l'école polytechnique. Témoin de l'examen qui détermina son admission, Monge lui prédit un brillant avenir.

Particulièrement préoccupé de la guerre qu'il soutenait contre l'Europe coalisée, le comité de salut public avait confié aux soins d'une commission spéciale tout ce qui concernait la fabrication des armes et celle de la poudre. Fidèle encore à ce système d'assimilation dont je parlais tout à l'heure, il voulut que la production des matières premières de ces deux fabrications, c'est-à-dire l'exploitation des mines, dépendît du même service.

Par un arrêté du 13 messidor an II (1er juillet 1794), il institua, *sous l'autorité de la commission des armes et poudres*, une agence des mines, composée de trois membres qui seraient nommés par lui-même.

Le 18 du même mois (6 juillet 1794), il créa, sous la direction de l'agence, un nouveau corps et une nouvelle école des mines, devant comprendre : 8 inspecteurs, 12 ingénieurs, et 40 élèves.

Les inspecteurs et les ingénieurs étaient à la nomination du comité de salut public, sur la présentation de l'agence. Ils devaient être choisis soit parmi les anciens inspecteurs ou ingénieurs, soit parmi les directeurs des travaux des mines, soit enfin parmi les personnes qui posséderaient les con-

Sept inspecteurs (1);
Douze ingénieurs (2);
Deux conservateurs des collections (3);
Deux élèves seulement. M. Brochant de Villiers était le premier des deux.

Trente-huit places d'élèves restaient vacantes. Pour les remplir, des concours supplémentaires furent ouverts, et bientôt elles furent toutes occupées.

Les cours s'ouvrirent le 1er frimaire an III (21 novembre 1794). Ils comprenaient la docimasie, la minéralogie, la géologie (nommée, dans le programme, géographie physique), l'*extraction* ou l'exploitation des mines et la métallurgie.

A ces cours, tout à fait spéciaux à l'art des mines, on en dut joindre quelques autres pour compléter l'instruction élémentaire des élèves. Tel fut notamment un cours sur *la coupe des pierres et des bois*.

M. Brochant de Villiers, dont les membres de l'agence avaient déjà reconnu le mérite personnel, fut associé comme adjoint au professeur en titre de ce cours préparatoire; de sorte qu'au moment de l'inauguration de la nouvelle école, il se trouvait déjà classé, bien qu'il n'eût que le grade d'élève, parmi les hommes distingués qui devaient y donner l'enseignement.

On ne tarda pas à s'apercevoir que l'Ecole polytechnique ne pouvait pas être la pépinière im-

(1) Duhamel père, Monnet, Hassenfratz, Faujas (Saint-Fond), Schreiber, Vauquelin, Baillet (Belloy).

(2) Duhamel fils, Lenoir, Miché, Laverrière, Odelin, Giroud, Blavier, Anfry, Muthuon, Mathieu (de Valenciennes), Mathieu (de Moulins), Brongniart (Alex.).

(3) Haüy, Macquart.

Paris au commencement de l'an III, mais aussi sans en prononcer l'abolition, la loi nouvelle ordonna l'établissement d'*une école pratique pour l'exploitation et le traitement des substances minérales..... près d'une mine appartenant à la République*, et qu'elle chargeait le ministre de l'intérieur de désigner.

Elle réduisit à vingt le nombre des élèves des mines, et prescrivit d'opérer immédiatement la réduction de ce nombre au moyen d'un concours entre les élèves que l'école renfermait alors. Pour l'avenir, elle *ordonna* que les élèves fussent tirés de l'École polytechnique; enfin elle pourvut à leur avancement en créant dans le corps un nouveau grade, celui d'ingénieur surnuméraire, et en décidant que chaque année les deux plus méritants d'entre eux seraient pourvus de ce nouveau grade.

Le concours ouvert en exécution de cette loi, concours dont le résultat fut officiellement publié le 18 nivôse an IV (8 janvier 1796), plaça M. Brochant de Villiers à la tête des vingt élèves qui furent conservés.

Après de tels succès, son séjour dans les rangs inférieurs du corps ne pouvait pas être de longue durée. Le 28 nivôse an V (17 janvier 1797), il fut nommé ingénieur surnuméraire. Un autre élève fut aussi pourvu du même grade; et dans cette petite promotion, M. Brochant de Villiers n'occupa point le premier rang : il s'était ôté, comme on va le voir, les moyens d'y arriver. Parmi les élèves appelés à concourir, il s'en trouvait un, assez âgé déjà, qui avait appartenu à l'ancienne école des mines, école dans laquelle les études n'avaient pas été aussi fortes qu'elles l'étaient dans la nouvelle. Avant le concours, les camarades de

serait encore augmentée, si l'on connaissait bien en France la méthode de Werner. Cette méthode avait pour elle le précieux avantage de faire reconnaître, à première vue pour ainsi dire, un minéral quelconque, par l'énoncé de tous ses caractères extérieurs, par l'étendue et l'exactitude du signalement qu'elle en donnait. Tous les minéralogistes allemands l'avaient adoptée, et l'école de Freyberg lui devait en grande partie sa célébrité.

A l'aide des souvenirs qu'il avait rapportés d'Allemagne en 1792, et de plusieurs ouvrages publiés depuis cette époque, il fit un Traité de minéralogie conçu, le titre l'indique, suivant les principes du professeur Werner.

Ce Traité de minéralogie est en deux volumes. Le premier volume parut en l'an IX, un an, par conséquent, avant l'ouvrage d'Haüy. Le second ne fut publié qu'en l'an XI. Traité de minéralogie.

Par l'apparition simultanée de ces deux Traités, l'école des mines de Freyberg et celle de Paris se sont en quelque sorte trouvées en présence, et tous ceux qui se sont voués à l'étude de la minéralogie ont eu à leur disposition un double moyen de s'instruire.

Le retard que M. Brochant de Villiers mit à composer la seconde partie de son ouvrage eut deux causes principales. L'une, qui déchira bien cruellement son âme, fut la perte qu'il fit d'une épouse qu'il aimait tendrement, et dont la mort faisait peser sur lui seul le soin d'élever un fils en bas âge. L'autre cause fut l'événement qui l'attacha d'une manière définitive à l'instruction.

J'ait dit plus haut que la loi du 30 vendémiaire an IV avait ordonné l'établissement d'une école pratique des mines près d'une mine domaniale,

L'école de Pesey fut placée sous la direction d'un conseil d'administration composé du directeur et de trois professeurs. Des quatre membres de ce conseil trois étaient ingénieurs en chef et comptaient de longs services. Leur donner pour collègue M. Brochant de Villiers, qui n'était qu'ingénieur ordinaire, c'était montrer tout le cas que l'on faisait de lui.

Dans le corps il fut peut-être le seul qui ne se réjouit pas de la distinction qu'il recevait. Il connaissait l'étendue de la tâche qu'il aurait à remplir et il en était comme effrayé. Cette tâche était double, car il devait professer la minéralogie et la géologie. De ces deux sciences l'une, comme je l'ai fait remarquer tout à l'heure, était fort avancée et lui devait même une partie des progrès qu'elle avait faits; mais l'autre était encore à peu près dans l'enfance.

Elle n'avait même plus de chef parmi nous. Dolomieu venait de mourir, laissant à ses élèves l'accomplissement des travaux que, lui-même, il s'était imposés et dont il avait déroulé le programme animé, en rendant compte à l'Institut de ses voyages pendant l'an V et pendant l'an VI (1).

N'étant encore qu'élève, M. Brochant de Villiers avait eu l'avantage de parcourir avec Dolomieu plusieurs parties des Alpes. Il avait pour ce grand géologue une admiration des plus vives et qu'il se plaisait à faire éclater chaque fois que l'occasion lui en était offerte.

C'est ainsi, par exemple, qu'en tête de son traité de minéralogie il avait placé, comme épigraphe,

(1) Journal des mines, tome VII, p. 385 et suiv.

Le passage suivant d'une lettre que M. Brochant de Villiers écrivait au conseil des mines, le 21 thermidor an X (9 août 1802), peut donner une idée de l'importance qu'il attachait à ce petit *Traité des roches*, de la défiance que sa modestie lui faisait concevoir de lui-même et de la haute opinion qu'il avait de Dolomieu.

« ...... Je dois d'ailleurs vous assurer que la » partie de cet ouvrage (le Traité de minéralogie) » qui m'a le plus occupé dans ces derniers temps » m'était absolument nécessaire, même pour » remplir les fonctions dont vous m'avez chargé, » et que, sous ce rapport, j'ai travaillé pour l'école » pratique. Je veux parler du *Traité des roches*, » cette branche de la minéralogie qui a toujours » été la moins cultivée, celle sur laquelle nous » n'avons que des fragments et aucun ouvrage » complet; celle enfin, je dois le dire, qui a été » le moins bien saisie par le plus grand nombre » de ceux qui l'ont cultivée. Du vivant de Dolo- » mieu, l'école des mines pouvait se flatter d'avoir » un maître en géologie; mais aujourd'hui vous » devez sentir avec moi combien il est nécessaire » de réunir tout ce qui est connu et tout ce qui » a été fait sur cette science, afin de tâcher, je ne » dis pas de remplir, mais au moins de dissimuler » le vide qu'il a laissé après lui. »

Le double cours de M. Brochant de Villiers à l'école des mines de Pesey, ou plutôt de Moutiers (1), se terminait, chaque année, par des

---

(1) Pesey, village situé dans les montagnes, est le lieu de la mine qui fut affectée à l'Ecole pratique par l'arrêté des consuls, du 23 pluviôse an X; mais c'est à Moutiers, capitale de la Tarentaise, que le chef-lieu de cette école fut établi.

faux jour. Cette théorie, souvent exposée avant lui, mais depuis longtemps tombée dans le discrédit, consistait à faire dériver toutes les dégradations, tous les bouleversements dont la terre porte l'empreinte, de l'action d'un seul cataclysme, le déluge, qu'il nommait *la grande débâcle*.

L'Institut, sur le rapport de trois de ses membres, Haüy, Lelièvre et Cuvier, tout en rendant justice aux laborieuses explorations de M. André, avait exposé, mais seulement d'une manière très-générale, les motifs qui ne permettaient pas d'admettre la théorie de cet auteur, et s'était attaché principalement à faire comprendre à tous ceux qui s'occupaient de géologie, qu'en l'état où la science était alors, il importait beaucoup plus d'observer et d'étudier les faits que de se livrer à la recherche de leurs causes.

Ecrire sur la géologie et particulièrement sur les Alpes, c'était se rendre doublement justiciable de M. Brochant de Villiers. Dans un article, très-court mais très-substantiel, qui parut en juin 1807 (1), il examina, en détail, l'ouvrage de M. André. Il prouva, d'une part, qu'on ne peut rendre raison de l'état actuel de la terre qu'en admettant l'action successive de plusieurs cataclysmes, d'autre part que cette hypothèse n'est pas, comme l'auteur semblait le craindre, en opposition avec ce qui est rapporté des premiers âges du monde aux chapitres Ier et VIII de la Genèse.

Il démontra que plusieurs faits importants restaient dans le système de l'auteur sans explication satisfaisante ; qu'on ne pouvait, par exemple, sup-

(1) Journal des mines, tome XXI.

Terrains secondaires ceux qui renferment des roches de transport et dans lesquels des fossiles se trouvent en grande abondance;

Terrains de transition, enfin, ceux qui font le passage des terrains primitifs aux terrains secondaires. Cette classe intermédiaire, plus riche en gîtes métallifères que les deux autres, comprenait tous les terrains dans lesquels des roches propres aux terrains primitifs sont associées à des roches propres aux terrains secondaires.

Ils n'admettaient dans les Alpes que des terrains dépendant des deux classes extrêmes, c'est-à-dire des terrains primitifs et des terrains secondaires.

La chaîne centrale, cette grande chaîne qui forme le partage des eaux entre la France et l'Italie, leur paraissait être entièrement primitive. Les rameaux qui s'en détachent et les vallées que ces rameaux enferment avaient à leurs yeux la même origine.

Quant à la chaîne qui borde à l'ouest la chaîne centrale et qui, du côté de la France, en est comme le premier étage, ils la classaient parmi les terrains secondaires.

Saussure, dont la vie fut presque entièrement consacrée à l'exploration des Alpes, avait admis cette opinion dans son ensemble; Dolomieu l'avait admise aussi.

M. Brochant de Villiers, dès les premiers voyages qu'il fit en Tarentaise, fut frappé des rapports que ce pays, dans sa constitution géologique, avait avec les contrées du nord de l'Allemagne que l'on citait comme présentant des types du terrain de transition.

Ces rapports, cependant, n'étaient pas com-

gique observée par Saussure en d'autres parties des Alpes, à savoir que les couches ou les assises du sol ont une seule et même direction, quelles que soient les roches qui les forment, et que cette direction commune est parallèle à l'axe de la chaîne, lequel est dirigé du Nord-Nord-Est au Sud-Sud-Ouest (1).

Dans le schiste noir qui, toujours, accompagne l'anthracite, M. Brochant de Villiers trouva dès empreintes de graminées, de roseaux surtout, et n'eut plus conséquemment d'incertitude sur l'origine de cette roche.

Il observa les roches secondaires, pour lui dès lors au nombre de trois, partout où il put les suivre au jour sur de certaines étendues, et il acquit la conviction qu'elles alternaient constamment avec les roches qu'il considérait comme primitives.

La Maurienne, la vallée d'Aoste, le Valais, le Faucigny lui présentèrent les mêmes roches constitutives, la même unité de direction et la même alternance entre ces roches. Seulement il remarqua que les roches secondaires diminuaient de fréquence à mesure que l'on s'approchait de la chaîne centrale, et qu'elles cessaient de se montrer dans les montagnes dont cette grande chaîne se compose.

De toutes ces observations M. Brochant de Vil-

(1) Dans ce premier travail de M. Brochant de Villiers il ne s'agissait que de la partie occidentale de la chaîne centrale des Alpes. On sait aujourd'hui, par les observations de M. Elie de Beaumont, que l'autre partie de cette grande chaîne est dirigée de l'Est 1/4 Nord-Est à l'Ouest 1/4 Sud-Ouest, et fait conséquemment avec la première un angle de 45 à 50 degrés.

liers concluait que les terrains qui constituent les montagnes de la Tarentaise ainsi que d'autres vallées latérales des Alpes étaient des terrains de transition, et qu'ils se liaient, par des passages insensibles, aux terrains primitifs dont la chaîne centrale est formée.

L'auteur laissait bien entrevoir qu'il pensait aussi que *ces terrains primitifs des Alpes étaient les moins anciens de tous les terrains primitifs*. Mais, dans la crainte sans doute de choquer trop ouvertement des idées reçues, il ne présenta cette dernière conclusion qu'avec réserve et comme une simple présomption.

Il n'échappera sans doute à personne que l'idée qui a dominé tout ce premier travail, l'idée que les Alpes n'avaient pas la haute ancienneté que l'on s'accordait à leur reconnaître, était plus fondée que l'auteur lui-même ne le pensait. Des observations ultérieures, dues à M. Elie de Beaumont pour la plupart, ont en effet démontré que les terrains que M. Brochant de Villiers rapportait aux terrains de transition dépendent du terrain jurassique.

L'intéressant ouvrage dont je viens de rendre compte fut imprimé en l'année 1808 (1), année qui, je le remarque en passant, fut heureuse pour la science à plus d'un titre : c'est celle où Cuvier et M. Alexandre Brongniart firent aussi paraître l'*Essai sur la géographie minéralogique des environs de Paris*, prélude brillant de l'ouvrage plus complet que les mêmes auteurs publièrent sous le même titre en 1811, et qui contribua puissamment à diriger la géologie dans la voie

(1) Journal des mines, tome XXIII.

du progrès, en lui donnant la zoologie pour compagne.

M. Brochant de Villiers se rendait bien à lui-même ce témoignage que ses observations sur les Alpes étaient exactes et que les conséquences qu'il en avait tirées étaient justes, au moins d'après les idées du temps. Une chose cependant s'opposait à ce qu'il en fût entièrement satisfait. Dans aucune des roches secondaires dont il avait si bien étudié la composition, l'allure et le gisement, il n'avait trouvé de fossile du règne animal. Cela lui semblait constituer une lacune fâcheuse dans la série des caractères que les terrains de la Tarentaise devaient présenter s'ils avaient effectivement l'origine qu'il leur attribuait.

Pendant tout le temps qu'il lui fut encore donné de faire chaque année des courses d'exploration dans les Alpes, c'est-à-dire jusqu'en 1814, il y chercha des fossiles de cette nature, mais il n'en put pas découvrir. Il désespérait d'en rencontrer jamais quand le hasard vint, à Paris même, lui en présenter un.

La brèche de Villette, une de ces roches secondaires dont il avait le mieux constaté l'alternance avec des roches d'apparence primordiale, est propre, à raison de la finesse de son grain et du beau poli qu'elle peut prendre, à être employée comme marbre d'ornement. Une scierie pour la débiter et pour la polir a même été construite autrefois à Villette; mais cette scierie avait été détruite longtemps avant que l'école des mines eût été transportée en Savoie. Toutefois on n'ignorait pas qu'il en était sorti beaucoup de produits.

M. Leman, avec lequel M. Brochant de Villiers examinait un jour des échantillons polis de cette

couches presque horizontales sur une arête de roches fort élevée, M. Brochant de Villiers n'eut pas de peine à reconnaître, d'après la nature de la roche avec laquelle il est immédiatement en contact, et qui lui sert de toit, qu'on ne saurait le rattacher aux terrains primitifs, cette roche étant un calcaire schisteux, mélangé de talc et tout à fait semblable au calcaire de la Tarentaise, si commun dans le reste des Alpes.

La plupart des gypses de la Tarentaise ont offert à M. Brochant de Villiers cette analogie remarquable dans leur disposition qu'ils se montrent particulièrement sur les flancs des montagnes ou sur les sommités des premiers escarpements, et qu'ils se trouvent surtout dans les vallées où abonde le terrain d'anthracite, terrain qui, nous l'avons vu, plus haut, renferme souvent des empreintes végétales. Mais comme ils sont d'une nature fort ébouleuse, on n'est jamais certain, quand on les observe, qu'ils se trouvent au lieu même où ils ont été formés, conséquemment on ne peut faire que des conjectures sur le groupe géologique auquel on doit les rapporter.

A l'aide du travail du mineur, M. Brochant de Villiers a vu dans le sein de la terre ce que l'état du sol extérieur ne lui permettait pas de voir au jour.

La roche métallifère qui constitue la mine de Pesey est un schiste argilo-stéatiteux dépendant du calcaire de la Tarentaise. En perçant une galerie d'écoulement pour l'exploitation de cette mine, on avait autrefois reconnu qu'elle est recouverte par du gypse immédiatement au-dessus de son toit. Le gypse dépendait-il ici du même terrain que la couche métallifère? Avait-il au

» cavité, une dégradation arrivée à sa surface. »

De ce fait, local mais bien significatif, et des autres faits rapportés plus haut, M. Brochant de Villiers tira cette conclusion que le gypse de la Tarentaise est supérieur au terrain calcaire de cette contrée et d'une formation plus récente.

« Il ne serait cependant pas impossible (ajouta-» t-il, que l'on découvrît également du gypse au » milieu même de ce terrain. » Ce qui suit expliquera l'espèce de réserve qu'il faisait ainsi lui-même contre le principe général qu'il venait de poser.

Quelques-uns des autres gypses qu'il observa dans les Alpes lui parurent tout à fait disposés comme le sont ceux de la Tarentaise.

Tel est, notamment, celui de *la vallée* ou de *l'allée blanche*, qui forme, sur une des pentes de cette vallée, plusieurs masses pyramidales posées sur les tranches d'un terrain anthraxifère dont les strates ne présentent aucun trace de gypse.

Mais celui de Saint-Léonard, celui de Bex, celui de Brigg s'offrirent à M. Brochant de Villiers sous un tout autre aspect. Il reconnut, que dans la première de ces localités l'anthracite et le schiste noir qui l'accompagne sont intercalés au milieu du gypse; que dans la seconde le gypse forme des couches au sein d'un calcaire argileux; que dans la troisième une couche bien réglée de gypse est recouverte d'abord par du calcaire saccharoïde schisteux et micacé, puis par des schistes noirs, tout à fait analogues à ceux qui sont ordinairement associés à l'anthracite.

On a vu d'ailleurs plus haut que la couche de gypse de Cogne, à tort considérée comme primi-

Que cette roche a beaucoup d'analogie avec les roches talqueuses dont se compose le terrain qui forme la masse principale de cette grande chaîne;

Enfin que sa texture souvent schisteuse prouve qu'elle est postérieure au granite, dont elle diffère d'ailleurs à beaucoup d'autres égards.

Dans son mémoire sur les soulèvements des montagnes, le savant géologue que j'ai déjà nommé plusieurs fois a prouvé, par la nature des couches fossilifères que les Alpes centrales ont redressées, que ces montagnes sont celles qui paraissent avoir surgi les dernières à la surface du globe. Le rang que M. Brochant de Villiers assignait, par ordre d'ancienneté, aux roches granitoïdes du Mont-Blanc est donc bien encore celui que, dans l'état actuel de nos connaissances, il convient de leur assigner.

Je reviens aux temps qui suivirent immédiatement la publication des observations sur la Tarentaise.

En 1809, le 2 février, M. Brochant de Villiers fut nommé ingénieur en chef.

Nouvelle organisation du corps des mines.

Les mines, régies sous l'ancienne monarchie par plusieurs actes souverains, dont le premier remonte au 30 mai 1413 et dont le dernier porte la date du 19 mars 1783 (1), régies ensuite par un acte législatif du 28 juillet 1791, passèrent, par une loi de l'empire, sous un régime tout nouveau, le 21 avril 1810.

Le 18 novembre suivant un décret impérial

---

(1) Cet acte souverain est autre que celui qui, sous la même date, institua l'Ecole des mines de Paris.

» rang distingué quitter sa patrie et renoncer à » toutes les jouissances domestiques pour cultiver » les sciences, sacrifier sa fortune et exposer sa vie » pour aller, dans les pays lointains, observer la » nature; mais lorsque le même homme joint à » un zèle et à un dévouement aussi peu commun » une grande étendue de connaissances, une con- » stance infatigable dans les recherches et, surtout, » un talent extraordinaire pour les grands rappro- » chements et les considérations générales, il est » au-dessus de tout éloge. »

Suivant, pour ainsi dire, l'auteur pas à pas, et puisant dans son ouvrage tout ce qu'il importe essentiellement d'en connaître, M. Brochant de Villiers a présenté un tableau plein d'intérêt de la richesse minérale du Mexique. Ensuite il a donné un aperçu de celles de la Nouvelle-Grenade, du Pérou, du Chili et du royaume de Buénos-Ayres, que M. de Humboldt avait appréciées aussi.

De tels abrégés sont précieux. Ils facilitent beaucoup les recherches; ils peuvent même, jusqu'à un certain point, tenir lieu des ouvrages qu'ils résument.

Traduction d'un ouvrage de M. Weiss.

Dans le cours de cette même année 1811, M. Brochant de Villiers donna une traduction abrégée du mémoire de M. Weiss *sur la détermination du caractère géométrique principal des formes cristallines* (1).

Un préambule très-court placé en tête de cette traduction fait parfaitement ressortir la liaison qui se trouve entre le travail de M. Weiss et le système d'Haüy, signalé d'ailleurs par l'auteur

(1) Journal des mines, tome XXIX.

n'en sont que des modifications bien faciles à reconnaître.

Il distingua aussi neuf formes dominantes, savoir :

Le tétraèdre,
Le parallélipipède ou prisme quadrangulaire,
L'octaèdre,
Le prisme hexagonal,
Le dodécaèdre rhomboïdal,
Le dodécaèdre pentagonal,
Le dodécaèdre triangulaire,
L'icosaèdre triangulaire,
Le trapézoèdre.

Cinq de ces formes dominantes, la seconde, la troisième, la quatrième, la cinquième et la septième ne sont, à vrai dire, que des abstractions. Dans la pratique, on reconnaît que plusieurs formes, dominantes aussi mais d'un type plus précis, dérivent nécessairement de chacune d'elles, parce que chacun des polyèdres qui en sont les types généraux peut avoir des faces de figures diverses, et que ces faces peuvent être différemment inclinées les unes sur les autres.

La seconde forme, par exemple, se sous-divise en huit formes distinctes, selon que le prisme quadrangulaire qui en est le type général a pour base un carré, un rectangle, un parallélogramme, et que l'axe en est plus ou moins incliné par rapport à cette base.

L'auteur, en définitive, admettait vingt-cinq formes dominantes, et, par conséquent, vingt-cinq catégories distinctes de cristaux.

Modifiées par des troncatures sur leurs angles ou sur leurs arêtes, ces diverses formes lui don-

» été, pour la plupart, que le résultat des appli-
» cations qu'ils ont faites des principes que lui seul
» a posés. Ainsi, tout ce qui va suivre ne sera pour
» ainsi dire qu'un précis de ses découvertes, ou
» des conséquences qui nous ont paru en résul-
» ter..... »

Dans cette appréciation de son ouvrage, M. Brochant de Villiers n'était pas juste envers lui-même. Il a fait plus que d'exposer la théorie de son célèbre devancier; il en a facilité beaucoup l'intelligence et l'usage par les développements qu'il y a joints.

Il a rattaché d'ailleurs à cette théorie un mode de groupement et de description des cristaux dont l'idée mère n'est due qu'à lui seul.

Par la longue expérience qu'il avait du professorat, il savait combien il est difficile de mentionner avec ordre et de décrire avec exactitude, sans tomber dans une prolixité fatigante, les formes diverses sous lesquelles se présentent les variétés[1], souvent très-nombreuses, d'une même espèce. Pour éviter à cet égard la confusion et pour soulager la mémoire de ses auditeurs, il groupait ces variétés en un certain nombre de catégories déduites des formes, en général très-simples, auxquelles tous les cristaux peuvent être rapportés quand on ne considère que leurs faces les plus étendues, et que l'on fait abstraction des facettes qui les modifient.

Ces formes simples, que l'œil peut toujours aisément discerner et qu'un seul mot rend perceptibles à l'esprit, il les nomma *formes dominantes*, parce qu'elles semblent avoir en effet dominé la cristallisation, et que les formes qu'affectent les cristaux

M. Brochant de Villiers fit voir que cet usage n'était nullement conforme à la nature des choses, attendu que les mines sont données par concessions gratuites du souverain; qu'elles n'ont pas de valeur absolue et qu'on n'en obtient de produits qu'en proportion du travail et des capitaux qu'on y applique; qu'en outre il était contraire à la morale publique, parce qu'il conduisait l'autorité souveraine à sanctionner par son attache, et par conséquent à prendre sous sa responsabilité, les estimations de l'agiotage, celles même qui sont le plus scandaleusement exagérées.

M. Brochant de Villiers pensait donc qu'il fallait que la valeur des mines restât indéterminée dans les statuts des sociétés anonymes, et que l'appréciation en devait être laissée à ceux qui sont intéressés à la connaître.

Ces sages idées, d'abord vivement combattues, ont fini par triompher et par faire jurisprudence. On les a même appliquées à des sociétés anonymes qui n'ont pas pour objet l'exploitation des mines.

M. Brochant de Villiers avait au surplus une grande expérience du mécanisme des sociétés de cette nature et des conditions de leur prospérité. Depuis longtemps il était un des administrateurs de la manufacture de glaces de Saint-Gobain, et c'était en grande partie par ses soins que ce célèbre établissement avait passé du régime des sociétés en commandite à celui des sociétés anonymes.

Mémoire sur les mines de plomb du Cumberland.

En 1826 il publia, conjointement avec M. Dufrénoy et M. Élie de Beaumont, un mémoire sur les mines de plomb du Cumberland et du Derbyshire. Le voyage qu'il venait de faire en Angle-

terre, et dont il avait profité pour visiter ces mines, se rattachait à l'exécution de la carte géologique de France, opération capitale qui l'occupa tout le reste de sa vie et sur laquelle je reviendrai bientôt.

Le mémoire dont il est ici question est divisé en deux parties : la description des gisements de minerai de plomb et la préparation mécanique de ces minerais.

La première partie seule est due à M. Brochant de Villiers. On y reconnaît l'observateur judicieux, qui avait répandu tant de lumière sur la constitution des Alpes.

Nouvelle organisation du conseil général des mines.

Le 27 avril 1832, une ordonnance royale supprima le grade d'inspecteur divisionnaire des mines et réunit les fonctions attribuées à ce grade à celles des inspecteurs généraux.

Par la même ordonnance, le nombre des inspecteurs généraux fut porté à six, dont trois de première classe et trois de deuxième classe.

M. Brochant de Villiers se trouva compris dans cette seconde catégorie des inspecteurs généraux.

Le 24 août de la même année, il fut nommé officier de la Légion d'honneur.

Traduction du Manuel géologique de H de la Bèche. 1833.

En 1833, il donna une traduction du *Manuel géologique* de M. Henry T. de la Bèche. Cet ouvrage avait déjà beaucoup de succès. Il était à sa seconde édition, et l'on s'accordait à reconnaître que de tous ceux que l'on devait à l'Angleterre sur la géologie, c'était à la fois le plus méthodique et le plus complet.

M. Brochant de Villiers s'est plu à reconnaître que plusieurs ingénieurs des mines, MM. de Boureuille, Malinvaud, Baudin et d'Hennezel l'ont aidé dans ce travail, et que leur coopération avait

été pour lui d'un grand secours. Toutefois il a déclaré qu'il avait revu lui-même l'ouvrage en entier.

Il a fait suivre la traduction du *Manuel géologique* d'une table alphabétique des fossiles qui s'y trouvent cités. Cette table n'existe pas dans l'original.

Enfin, à la partie du texte anglais, dans laquelle M. de la Bèche a donné un précis du système de M. Elie de Beaumont sur les soulèvements des montagnes, il a substitué, du consentement des deux auteurs, le travail même de M. Elie de Beaumont.

Si l'on compare le *Manuel géologique* publié, je viens de le dire, en 1833, avec le *Traité des roches* publié en 1803, on a la mesure des progrès de la géologie pendant les trente ans qui se sont écoulés entre l'apparition de l'un de ces ouvrages et celle de l'autre.

Le 16 mai 1834, M. Brochant de Villiers fut nommé inspecteur général de première classe.

Ne pouvant pas suffire à la multitude de ses occupations, il avait obtenu que M. Dufrénoy et M. Elie de Beaumont le suppléassent à l'École des mines, l'un pour le cours de minéralogie, l'autre pour le cours de géologie.

En 1835, les travaux dont il était chargé s'accroissant toujours, il exprima le désir de quitter définitivement l'exercice du professorat. Le 6 novembre de cette même année, le ministre de l'intérieur accueillit sa demande et voulut, toutefois, qu'il conservât le titre de professeur honoraire.

En 1834 et en 1837, les électeurs du canton de Mantes l'avaient porté au conseil général de Seine-et-Oise.

Apprécié dans ce conseil comme il l'était par-

tout où son mérite personnel pouvait être mis en évidence, il fit décider l'exécution, par un ingénieur des mines, de la carte géologique du département.

Cette carte géologique de Seine-et-Oise, aujourd'hui publiée, se liait, à l'époque où elle fut proposée par M. Brochant de Villiers, à un vaste ensemble de travaux dont il avait été le promoteur et dont la direction supérieure lui était confiée. J'ai fait tout à l'heure allusion à ces travaux. Le moment est venu d'en parler avec plus de détail.

Depuis bien longtemps, l'administration avait reconnu qu'une carte géologique du royaume serait de la plus haute utilité pour notre agriculture et pour notre industrie minérale. Carte géologique de France.

Vers la fin du règne de Louis XV, Monnet et Guettard avaient été chargés de dresser une telle carte.

Ces deux savants recueillirent et publièrent beaucoup de renseignements, précieux sans doute pour l'époque où ils parurent et dont quelques-uns peuvent encore être consultés avec fruit, mais qui, cependant, avaient perdu beaucoup de leur intérêt à mesure que l'horizon de la science s'était étendu. Leur travail, d'ailleurs, n'embrassait guère qu'un quart de la surface du royaume.

L'intention qui fit entreprendre ce premier travail se retrouve empreinte dans l'acte organique du 18 messidor an II, mentionné au commencement de cette notice; car il y fut dit que les inspecteurs et les ingénieurs des mines *rassembleraient* toutes les substances minérales existant dans leurs arrondissements respectifs, et qu'ils traceraient sur des cartes les découvertes qu'ils pourraient faire. Enfin on la voit exprimée de nouveau dans l'or-

donnance déjà citée du 5 décembre 1816, cette ordonnance portant, article 12, que le conseil d'administration de l'école des mines est chargé de recueillir et de rassembler tous les matériaux nécessaires pour compléter la description minéralogique de la France.

M. Brochant de Villiers s'était fait une sorte d'obligation de doter enfin le pays de cette carte géologique, promise depuis tant d'années et qui restait encore à faire.

Dès 1811 il avait soumis ses idées au directeur général des mines; mais les graves événements qui bientôt survinrent ne permirent pas d'y donner suite.

En 1823, M. Becquey étant directeur général des ponts et chaussées et des mines, il fit une nouvelle tentative, et, cette fois, il fut plus heureux.

La carte géologique de France est un des bienfaits de l'administration de M. Becquey, si remarquable d'ailleurs par sa profonde intelligence des besoins du pays et le zèle avec lequel elle s'appliquait à les satisfaire.

M. Brochant de Villiers fut autorisé de suite à se livrer aux études préparatoires qui lui restaient encore à faire pour pouvoir dresser un programme complet de l'opération que l'on allait entreprendre. Dès ce moment aussi, deux de ses élèves, ceux-là mêmes qui, plus tard, ont hérité de sa chaire de professeur et qui perpétuent aujourd'hui ses traditions à l'école des mines, lui furent donnés pour adjoints.

En 1825, les bases de cette grande opération étant posées et les moyens de l'exécuter étant bien assurés, il se mit à l'œuvre avec ses jeunes collaborateurs. Il partagea le territoire de la France en

deux régions, afin que chacun d'eux eût sa sphère indépendante d'action. Cependant il pourvut à ce qu'il y eût sans cesse unité de vues et de principes dans la classification et la dénomination des terrains, en décidant que toutes les parties du travail seraient revisées en commun, à l'issue de chaque campagne.

M. Brochant de Villiers a commencé la carte géologique de France; il en a dirigé l'exécution jusqu'à ce qu'elle fût terminée, mais la satisfaction de la voir publier ne lui a pas été donnée (1).

On ne trouverait pas, je crois, beaucoup d'exemples d'une opération aussi capitale, exécutée par un personnel aussi peu nombreux. Trois hommes y ont suffi, mais ces trois hommes agissaient avec un tel accord qu'ils semblaient être animés d'un même esprit.

La carte géologique est dressée sur une échelle de 1/500.000 et de cette proportion il résulte qu'elle forme un carré de deux mètres environ de côté. Une échelle plus grande n'eût pas permis que l'œil l'embrassât facilement dans son ensemble; une plus petite aurait empêché d'y tracer beaucoup de détails qu'il était indispensable qu'elle contînt.

La limite où les auteurs furent contraints de s'arrêter dans l'indication des terrains fit reconnaître que pour avoir de la France une topographie géologique tout à fait complète, il restait quelque chose à faire; qu'il fallait que la carte que l'on dressait ne fût considérée que comme un canevas général, représentant les formations

(1) Le texte qui accompagne cette carte est dû entièrement à M. Dufrénoy et à M. Elie de Beaumont.

qui se dessinent sur de grands espaces et dont les caractères sont nettement tranchés; qu'il fallait que ce canevas fût divisé en parcelles départementales; enfin qu'il fallait que ces parcelles fussent étudiées séparément dans tous leurs détails et que chacune d'elles devînt l'objet d'une carte spéciale, exécutée sur une échelle assez grande pour que toutes les modifications qui changent souvent l'aspect des terrains et tous les gîtes importants de minéraux y pussent être représentés.

C'est encore à M. Brochant de Villiers que l'on doit l'idée première de ces sortes de monographies géologiques, et c'est aussi sous sa direction qu'elles ont été commencées.

Touchant à l'âge où beaucoup d'hommes commencent à sentir le besoin du repos, il avait conservé toute la vigueur de son esprit; ses forces physiques ne paraissaient point altérées. Une certaine disposition à la surdité, disposition autrefois légère, mais qui devenait plus forte à mesure qu'il prenait des années, était la seule trace que le temps parût avoir laissée sur lui de son passage.

Par un second mariage contracté en 1805, il avait lié son sort à celui d'une femme digne, à tous égards, d'être sa compagne (1). Un fils et une fille étaient provenus de cette union. Il avait donc trois enfants; et, dans chacun d'eux, il avait eu le bonheur de voir naître et se développer les sentiments élevés dont lui-même il était pourvu. Heureux époux, heureux père, entouré de l'estime publique, arrivé au premier rang du corps auquel il appartenait, classé parmi les intelligences d'élite, il jouissait, on peut le dire, de la plupart des sa-

(1) Madame Anne Flore Desavenelle de Grand-Maison.

tisfactions que l'homme peut désirer quand il arrive au déclin de sa vie.

Dans la première moitié de l'année 1838, une maladie des plus graves est venue le saisir au milieu de toutes ces prospérités. Les progrès en ont été lents, mais incessants, mais cruels, et le 16 mai 1840 elle a tranché le fil de ses jours.

La religion, dont il avait toujours observé les préceptes et suivi les inspirations, l'a consolé pendant ses longues souffrances, l'a soutenu quand est venue sa dernière heure : sa vie avait été chrétienne, sa mort ne pouvait pas manquer de l'être aussi.

M. Brochant de Villiers possédait les précieuses qualités qui commandent l'estime et déterminent l'affection. Son caractère offrait un heureux mélange de douceur et de fermeté ; son humeur était d'une égalité parfaite.

Doué d'une imagination féconde et d'un esprit enjoué, il trouvait sans les chercher ces mots piquants, ces aperçus ingénieux qui donnent un tour aimable à la conversation et la raniment quand elle devient languissante.

Son style était abondant et facile. Peut-être n'y trouve-t-on pas toujours une concision suffisante, mais on ne saurait y désirer ni plus de souplesse ni plus de clarté.

Il s'était occupé, non sans quelques succès, de la décoration des édifices et de l'arrangement des jardins. Son habitation de Villiers témoigne de son expérience et de son goût dans ces deux arts, d'un ordre assez inférieur il est vrai, mais qui touchent de près cependant au grand art de l'architecture.

Cette habitation qu'il tenait de ses pères et

JURISPRUDENCE DES MINES;

Par M. DE CHEPPE, maître des requêtes, chef de la division des mines.

MINES. — CONFLIT.

Les concessionnaires tiennent soit du titre de leur concession, soit des actes administratifs intervenus en vertu de ce titre, le droit d'occuper dans le périmètre concédé, et sous la surveillance de l'administration, les terrains nécessaires à leur exploitation.— L'autorité judiciaire est incompétente pour statuer sur une action tendante à faire ordonner l'enlèvement des matériaux et déblais déposés sur le terrain d'un tiers par suite de travaux autorisés par l'administration, et le rétablissement des lieux dans leur ancien état.

Un conflit d'attributions a été élevé par M. le préfet du Haut-Rhin dans une contestation pendante devant le tribunal civil de Belfort, entre le sieur Collard, concessionnaire des mines de Giromagny, et l'un des propriétaires de surface, le sieur Fogle, à raison d'une occupation de terrain pour les travaux de ces mines.

Le sieur Collard, conformément au cahier des charges de sa concession, s'était adressé au préfet pour obtenir l'autorisation d'ouvrir, dans l'enceinte de son périmètre, deux anciennes galeries dites de *Phenungthurnn* et de *Saint-Daniel.*

Ces travaux ont été autorisés, sur le rapport des ingénieurs, par arrêté du 28 juin 1845.

Le sieur Collard ayant besoin, pour déposer les matériaux et déblais, d'un terrain situé à l'entrée des galeries et appartenant au sieur Fogle, a fait des offres d'indem-

21 avril 1810; il est la base de toutes les prescriptions des actes de concession et des cahiers de charges.

D'après la loi de 1810, à l'administration seule il appartient de statuer sur l'exploitation des mines, de les concéder, de permettre ou de prescrire les travaux qui doivent être exécutés.

Les ordonnances de concession fixent un certain périmètre dans lequel le concessionnaire a le droit d'opérer les fouilles, d'établir les ouvrages destinés à l'extraction des gîtes concédés.

Elles l'investissent par cela même de la faculté d'occuper les terrains compris dans ce périmètre; faculté indispensable, conséquence immédiate de la concession, sans laquelle celle-ci deviendrait sans objet, demeurerait stérile entre les mains du concessionnaire, qui ne pourrait atteindre les substances minérales renfermées dans le sein de la terre.

En même temps, afin de garantir tous les intérêts, les cahiers de charges imposent au concessionnaire l'obligation, lorsqu'il veut ouvrir un puits, une galerie, d'adresser au préfet le projet de ses travaux.

Le préfet, sur le rapport des ingénieurs, approuve ou modifie ce projet, suivant qu'il doit assurer la bonne exploitation et l'aménagement du gîte, ou qu'il offre quelques-uns des inconvénients ou dangers énoncés tant dans le titre V de la loi du 21 avril 1810 que dans les titres II et III du décret du 3 janvier 1813 sur la police souterraine.

Les propriétaires du sol peuvent, s'ils ont quelques réclamations à présenter, les adresser au préfet, se pourvoir devant le ministre. Mais ces questions de l'utilité ou de la nécessité des travaux ne sauraient, en aucune manière, être déférées à l'autorité judiciaire.

Telles sont les dispositions de la loi de 1810; et elles existaient même bien antérieurement à cette loi, tant elles tiennent intimement à la nature des choses. Ainsi, dès 1744, l'arrêt du conseil d'Etat, portant règlement pour les exploitations de mines de houille, déterminait les dimensions à donner aux puits de mines et aux galeries, les espaces à réserver entre les massifs, etc.; il plaçait les travaux sous l'inspection des délégués de l'intendant de la province, faisant ressortir de l'autorité du gouvernement tout ce qui concernait ces exploitations.

cessionnaires, comme l'avait fait le juge de paix de Giromagny, d'occuper le terrain nécessaire à ces ouvrages, au dépôt des matériaux ou déblais, et paralyser ainsi l'action du pouvoir administratif.

L'exploitation des mines en serait gravement compromise ; elle pourrait même devenir impraticable. Sans cesse entravé dans son exploitation, le concessionnaire ne pourrait la conduire suivant les règles de l'art, ni opérer les travaux indispensables pour cette exploitation, pour l'aérage, pour la sûreté des ouvriers. Il aurait à chaque instant à soutenir des procès, pendant lesquels la mine resterait inexploitée, exposée à tous les accidents qui en menaceraient la conservation ; les besoins des consommateurs, l'industrie du pays, en éprouveraient de grands préjudices.

On ne doit point perdre de vue que, dans ces occupations de terrains, il ne s'agit point d'intérêts privés, d'un simple litige entre deux propriétaires. Les mines diffèrent essentiellement des autres biens. Elles ne sont concédées que dans un intérêt public, et c'est dans l'intérêt public aussi qu'elles doivent être exploitées. Le concessionnaire n'est point libre de suivre tel ou tel mode d'extraction. Il est tenu de se conformer à ce qui lui est ordonné par le cahier de charges ou prescrit ensuite par le préfet, sur le rapport des ingénieurs ; et s'il ne s'y conforme pas, s'il n'exploite pas de manière à garantir les besoins des consommateurs et la sûreté publique, la concession peut lui être retirée en vertu de l'article 49 de la loi du 21 avril 1810, et de l'article 10 de la loi du 27 avril 1838. Tout ce qui concerne l'exécution de ces travaux est d'intérêt général, et c'est pour cela qu'ils sont placés par la loi sous la surveillance immédiate de l'administration.

Les tribunaux, comme l'administration, doivent rester respectivement dans la sphère de leurs attributions. Les distinctions que les lois ont sagement établies assurent et garantissent convenablement tous les intérêts.

Ces distinctions ont lieu également en ce qui concerne les expropriations pour cause d'utilité publique. Si l'autorité judiciaire y intervient, c'est seulement pour constater que les formes relatives à la déclaration d'utilité publique ont été remplies, mais elle ne peut se constituer juge des travaux qui ont été prescrits. C'est une loi une

ordonnance, ou, dans certains cas, un arrêté du préfet qui désigne les propriétés auxquelles l'expropriation est applicable ; et le devoir du tribunal consiste uniquement à vérifier l'observation des formalités requises, le règlement des indemnités étant là déféré à un jury.

En matière de travaux de mines, où il n'y a que simple occupation de la propriété de la surface, où c'est le propriétaire seul qui peut forcer le concessionnaire à lui acheter son terrain, on n'a point à rendre de jugement d'expropriation. La mise en possession pour le concessionnaire résulte de l'ordonnance même qui a institué la concession, laquelle ordonnance n'a été rendue qu'après une instruction spéciale où tous les propriétaires du sol ont été entendus ou appelés à se faire entendre. Ce droit d'occupation est une servitude qui, tant que la concession existe, frappe sur chacun des terrains compris dans le périmètre concédé, et en échange de laquelle les propriétaires reçoivent une redevance déterminée par l'acte même de concession, indépendamment des indemnités qui leur sont allouées pour les dommages causés à la superficie. Du moment que la concession a été accordée, que le concessionnaire s'est conformé, pour l'exécution de ses travaux, aux conditions du cahier des charges, qu'il a obtenu l'autorisation du préfet, les tribunaux ne peuvent s'opposer à l'exercice de son droit.

M. le préfet du Haut-Rhin avait donc légitimement, dans l'affaire dont il s'agit ici, revendiqué la cause, en tant qu'il s'agissait de l'occupation du terrain du sieur Fogle pour l'exécution des galeries autorisées par son arrêté du 28 juin 1845, sauf règlement ultérieur par qui de droit de l'indemnité qui pourrait être due à ce propriétaire.

L'arrêté par lequel il élevait le conflit était fondé sur toutes les règles de la matière. Il a été approuvé par une ordonnance du 3 décembre 1846 (1).

---

(1) Voir cette ordonnance, ci-après, page 851.

MINES.

Redevances aux propriétaires de la surface. — Il appartient au gouvernement de fixer ces redevances nonobstant toutes conventions contraires.

Cette question a déjà fait l'objet de plusieurs articles insérés dans les Annales (1). C'est toujours la même affaire qui a donné lieu à la discussion dont nous allons rendre compte et qui n'en est qu'une phase nouvelle.

Une ordonnance royale du 13 janvier 1842, portant concession des mines de *la Péronnière*, département de la Loire, a réglé la redevance tréfoncière des propriétaires du sol, et déclaré que les traités faits au sujet de cette redevance seraient considérés comme nuls et non avenus.

C'est cette disposition qui était attaquée. Une première fois, comme on l'a vu, les sieurs Flachat, Fulchiron et consorts, opposants, avaient porté le débat devant les tribunaux. Un conflit dut être élevé, par suite duquel l'autorité judiciaire fut dessaisie.

Alors on s'est pourvu devant le conseil d'État, au contentieux, contre les dispositions de l'ordonnance de 1842.

On demandait que les articles 4 et 5 de cette ordonnance, qui ont fixé la redevance, fussent interprétés, modifiés ou annulés.

Ce pourvoi a été rejeté par une ordonnance du 24 janvier 1846, attendu :

« En ce qui concerne la demande en interprétation :
» que les termes desdits articles, qui disposent que le droit
» attribué aux propriétaires de la surface sur le produit
» des mines concédées est réglé à une redevance en na-
» ture, proportionnelle aux produits de l'extraction, la-
» quelle sera payée par les concessionnaires aux proprié-
» taires des terrains sous lesquels ils exploiteront, et
» que l'application du tarif de cette redevance sera faite
» nonobstant les stipulations contraires qui pourraient
» résulter des conventions antérieures, lesdites conven-
» tions étant à cet égard déclarées nulles et non avenues,
» déterminent d'une manière générale et sans exception
» la quotité des droits attribués aux propriétaires de la

(1) 4ᵉ série, t. III, p. 853; t. IX, p. 607.

Art. 6. « L'acte de concession règle les droits des pro-
» priétaires de la surface sur le produit des mines concé-
» dées. »

Art. 17. « Cet acte fait après l'accomplissement des
» formalités prescrites, purge, en faveur du concession-
» naire, tous les droits des propriétaires de la surface et
» des inventeurs ou de leurs ayant-droit, chacun dans
» leur ordre, après qu'ils ont été entendus ou appelés lé-
» galement, ainsi qu'il sera ci-après réglé. »

Art. 42. « Le droit attribué par l'article 6 aux proprié-
» taires de la surface sera réglé à une somme déterminée
» par l'acte de concession. »

On le voit, ce que la loi exige, c'est que dans les actes de concession de mines, il soit attribué une certaine redevance aux propriétaires du terrain, et que le taux en soit fixé après que ces propriétaires ont été entendus ou appelés légalement.

Cette même loi a déterminé de quelle manière les propriétaires et les divers intéressés seraient mis à même de se faire entendre : c'est (articles 23 et 24) par les affiches de la demande en concession, apposées pendant quatre mois dans le chef-lieu du département, dans celui de l'arrondissement où la mine est située, dans le lieu du domicile du demandeur, et dans toutes les communes sur lesquelles la concession peut s'étendre; par l'insertion de ces affiches dans les journaux de département; par les publications renouvelées au moins une fois par mois pendant la durée des affiches.

Ces formalités sont les seules que la loi ait prescrites. Elles assurent toute la publicité nécessaire; elles mettent amplement les tiers, les propriétaires du sol, en mesure de s'expliquer dans le cours de l'instruction, de présenter leurs observations, s'ils jugent à propos d'en fournir.

On n'a nullement, comme le prétendaient les sieurs Flachat et consorts, de notifications spéciales à leur faire.

Les notifications dont il est question dans les articles 26 et 28 ne concernent que les demandes en concurrence et les oppositions, et ne s'adressent qu'aux demandeurs en instance. Les demandes en concurrence qui interviennent dans le délai de quatre mois, après une première demande publiée, et les oppositions n'étant pas elles-mêmes soumises aux affiches, on conçoit qu'une notification spéciale au premier demandeur est indispensable. Mais nulle

demandeurs y étaient indiqués. Les détails qu'elles mentionnent témoignent qu'on n'a jamais été plus loin dans l'accomplissement de ce qui importe à une véritable et complète publicité.

Les sieurs Flachat ne pouvaient point dire, après cela, qu'ils n'avaient pas été avertis, qu'ils n'avaient pu se faire entendre.

Leur requête était donc, sur ce chef, tout à fait inadmissible. Toutes les formalités que la loi exigeait avaient été remplies, ainsi que l'a déclaré l'ordonnance du 24 janvier 1846, qui a rejeté leur premier pourvoi.

L'acte de concession des mines de la Péronnière a réglé la redevance tréfoncière telle que les affiches l'avaient offerte et qu'elle se trouvait consacrée dans le pays par un long usage.

On a en même temps prononcé que ce tarif serait applicable nonobstant tous traités antérieurs.

C'était le droit du gouvernement. C'était aussi son devoir.

Ces traités où, pour de prétendues cessions de droit de tréfonds, était stipulée une redevance supérieure à celle, déjà fort élevée, que déterminent les ordonnances dans le département de la Loire, auraient fait peser sur la concession des charges exorbitantes qui en auraient compromis l'avenir, et rendu toute bonne exploitation impossible.

L'on n'avait point, avant l'ordonnance de concession ni après, à faire expliquer les concessionnaires sur leur intention d'exécuter ces traités, lesquels ont été abrogés très-indépendamment de leur adhésion ou de leur refus. L'ordonnance les a déclarés nuls et non avenus.

Suivant les requérants, le propriétaire du sol est propriétaire de la mine jusqu'à ce qu'elle soit concédée. Celle-ci est une partie accessoire de la surface tant qu'elle n'en est point détachée par un acte du gouvernement. Jusque là le propriétaire est libre de stipuler la redevance qui lui convient en vue de la concession future, et dès que cette stipulation existe, elle est irrévocable.

Ils arguaient de l'article 552 du Code civil, portant que la propriété du sol emporte la propriété du dessus et du dessous; que le propriétaire peut faire au-dessous

toutes les constructions et fouilles qu'il juge à propos et tirer de ces fouilles tous les produits qu'elles peuvent fournir.

Ils n'oubliaient qu'une chose : c'est que ce même article ajoute : « *sauf les modifications résultant des lois et » règlements relatifs aux mines*. »

Or, les dispositions de la loi du 21 avril 1810 repoussent complétement ce système d'une propriété de la mine antérieure à la concession.

Quelles que soient les discussions qui ont eu lieu avant la promulgation de cette loi, quelles que soient les différentes opinions qui se produisirent alors, un grand principe a définitivement prévalu : le droit absolu du gouvernement d'instituer les concessions de mines, d'en régler les conditions.

Ce principe est formellement consacré dans les art. 5, 6, 16, 17, 42, qui disposent que les mines ne peuvent être exploitées qu'en vertu d'un acte de concession ; que le gouvernement juge des motifs ou considérations d'après lesquels la préférence doit être accordée aux divers demandeurs, qu'ils soient *propriétaires de la surface, inventeurs ou autres;* que c'est l'acte de concession qui *règle les droits des propriétaires de la surface sur le produit des mines concédées*; qui purge ces droits par le règlement qu'il en fait ; qui les fixe à une somme déterminée.

Avant la concession, la mine n'appartient donc à personne. Le droit du propriétaire du terrain se borne, en ce qui concerne le gîte minéral, à un droit de redevance sur les produits du gîte lorsqu'il sera concédé. Il ne peut en disposer, l'exploiter lui-même, s'il n'en devient pas concessionnaire, et sa qualité de propriétaire, si elle peut être quelquefois un titre à la préférence, n'est nullement un droit à la concession.

Les sieurs Flachat et autres invoquaient un arrêt de la cour de cassation, du 1er février 1841, dans lequel on lit que les mines ne forment une propriété distincte que quand elles sont séparées du sol par la concession qu'en fait le gouvernement ; que jusqu'à ce que l'acte qui opère cette division soit intervenu, les choses restent soumises au droit commun, suivant lequel la propriété du sol emporte la propriété du dessus et du dessous.

Lorsqu'on se reporte aux faits de la cause dans la-

quelle cet arrêt a été rendu, on voit comment il doit être interprété. Il s'agissait d'une exploitation opérée sur un terrain que les propriétaires soutenaient n'avoir pas été compris dans une concession faite sous l'empire de la loi du 28 juillet 1791, et qui, en effet, plus tard, a été jugé par décision du conseil d'état ne point en faire partie. La chambre des requêtes a considéré que ce fait d'une exploitation opérée sans autorisation du gouvernement, était une entreprise illégale qui avait occasionné aux propriétaires du sol un dommage dont ils devaient être indemnisés.

La cour de cassation a proclamé elle-même, de la manière la plus positive, dans beaucoup d'occasions, les véritables principes de la matière. Nous citerons notamment un arrêt du 8 août 1839, où l'on trouve ces considérants remarquables :

« Que la propriété des mines dérive de la concession » qui en est faite par l'autorité publique;

» Que cette matière a pour règles les lois qui la régissent et non l'art. 552 du code civil, qui d'ailleurs renvoie lui-même à ces lois ;

» Qu'il n'y a pas lieu, à raison de la concession de la mine, d'agir par expropriation contre le propriétaire » de la surface, ni par conséquent à l'indemnité préalable » à son égard ;

» Qu'il ne lui est attribué par la loi du 21 avril 1810. » qu'une redevance proportionnelle en argent, portant » sur le produit de la mine, et qui est réglée par l'administration ;

» Qu'aucune préférence n'est même attribuée par cette » loi au propriétaire de la surface ;

« Que toute exploitation de la mine, avant d'avoir obtenu la concession, est spécialement prohibée sur son » terrain au propriétaire de la surface, et n'est, de sa » part, qu'un acte punissable de peines correctionnelles ;

» Qu'il résulte de toutes les dispositions de la loi du 21 » avril 1810, que la propriété de la surface ne confère » par elle-même aucun droit privatif et direct sur les » mines (1). »

Nous citerons encore un autre arrêt, du 4 juin 1844,

---

(1) Voir *Annales des mines*. 3e série, t. XVI, p. 702.

dant l'instance, des réclamations viendraient à s'élever, au sujet de l'indemnité proposée en faveur du propriétaire du sol.

L'instruction disait que l'on prendrait alors l'avis du conseil de préfecture, comme un document qui pouvait être utile, qui pouvait éclairer l'examen que l'administration aurait à faire quand elle réglerait l'indemnité du propriétaire. Mais elle entendait bien que ce serait le gouvernement qui fixerait définitivement cette indemnité, et elle l'énonce positivement quelques lignes plus loin.

Un autre argument était tiré de l'article 51 de la loi du 21 avril 1810, lequel a déclaré maintenues les anciennes concessions, à charge par les concessionnaires d'exécuter, quand il y en aurait, les conventions faites avec les propriétaires de la surface. Cet article, ses termes mêmes le disent formellement, ne s'applique qu'aux anciennes concessions. Autrefois, sous l'ancienne législation, ce n'était que dans certains cas exceptionnels que les actes qui concédaient les mines attribuaient aux propriétaires du sol une redevance. Les anciens arrêts renferment quelques dispositions relatives au droit du roi ou des seigneurs hauts-justiciers sur les produits des mines. Quant aux propriétaires directs du terrain, il ne leur était, la plupart du temps, réservé qu'une indemnité pour les dommages causés au sol. En maintenant ces concessions anciennes, la loi de 1810 a dû, pour respecter le principe de non-rétroactivité, énoncer seulement que s'il existait des conventions avec les propriétaires de surface, elles seraient exécutées. C'est dans ce même esprit de transaction entre le passé et le présent, que, dans l'article 53, elle a également astreint les anciens exploitants qui obtiendraient la concession de leurs exploitations à payer les redevances tréfoncières qui pourraient résulter des traités antérieurs. Mais, pour les concessions nouvelles, elle a voulu que ce fût exclusivement le gouvernement qui fixât cette rétribution comme il le jugerait convenable.

On opposait les règles du droit civil sur les contrats et obligations ; on soutenait que les particuliers ont toute latitude dans leurs conventions ; que ces conventions tiennent lieu de loi à ceux qui les ont faites ; qu'elles ne peuvent être révoquées que de leur consentement mutuel.

La réponse est bien simple. Elle se trouve dans le code lui-même. On ne peut stipuler que sur les choses dont on

cessionnaire chercherait à ne porter ses travaux que sur les portions du sol qui ne se trouveraient point grevées de ces charges onéreuses. Quant aux terrains pour lesquels il aurait imprudemment souscrit cette fâcheuse servitude, il ne les exploiterait pas, ou bien il se bornerait à y extraire les gîtes situés à une petite profondeur, et n'y entreprendrait aucun grand ouvrage d'art. Une quantité considérable de la richesse minérale serait ainsi perdue, au détriment du public et des propriétaires du sol eux-mêmes qui, par leurs prétentions excessives, se seraient privés du légitime profit qu'une redevance réglée convenablement leur eût assuré.

C'est afin de prévenir le retour de ces inconvénients, qu'avait amenés en certaines localités, et particulièrement dans le département de la Loire, l'infraction ou l'oubli des prescriptions de la loi, que le conseil d'Etat a reconnu qu'il y avait lieu d'insérer désormais, dans toutes les concessions de mines, un article portant que les dispositions de ces ordonnances, qui règlent l'indemnité des propriétaires de la surface, sont applicables nonobstant les stipulations contraires résultant de conventions antérieures entre les concessionnaires et lesdits propriétaires.

Cette disposition est entièrement conforme à la loi du 21 avril 1810, et le principe avait déjà été également consacré par les ordonnances royales des 16 avril 1841 et 9 juin 1842, rendues au contentieux dans l'affaire des mines de Bully, lesquelles ont prononcé qu'il n'appartient qu'au gouvernement de concéder l'exploitation des mines, et, par conséquent, *de régler les droits des propriétaires de la surface, même quand ces produits sont le résultat de recherches antérieures à la concession et non encore autorisées* (1).

Mais, disaient les réclamants, nous aurions demandé pour nous-mêmes la concession, si nous avions su que l'on abrogerait nos traités.—Personne n'est censé ignorer la loi; ils devaient savoir qu'aux termes de l'article 6 de la loi de 1810, c'est l'acte de concession qui règle les droits des propriétaires; déjà, dans toutes les concessions faites dans le département de la Loire, il était dit expressément que ces sortes de conventions n'auraient d'effet

---

(1) Voir *Annales des mines*, 3e série, t. XX, p. 637; 4e série, t. I, p. 733.

« Le comité de législation qui, sur le renvoi ordonné par M. le garde des sceaux, ministre secrétaire d'Etat au département de la justice et des cultes, a examiné un recours présenté au roi, en vertu de l'article 40 du décret du 22 juillet 1806, par les sieurs Flachat, Fulchiron et autres propriétaires dénommés au dit recours enregistré au secrétariat général du conseil d'Etat, le 10 mars 1846, et dont les conclusions tendent à ce qu'il plaise au roi ordonner que les conventions passées entre les requérants et les concessionnaires des mines dites de la Péronnière seront exécutées, et que lesdits concessionnaires continueront de payer les redevances qu'ils acquittaient avant l'ordonnance de concession du 13 janvier 1842;

» Vu les observations de M. le ministre des travaux publics sur ledit recours, en date du 13 mai 1846;

» Vu le mémoire en réplique produit, le 1er août 1846, par les sieurs Flachat et consorts;

» Vu le mémoire en défense présenté, le 20 novembre 1846, par la compagnie des mines de la Péronnière; ensemble les pièces jointes audit mémoire;

» Vu le mémoire additionnel produit par ladite compagnie, le 22 décembre 1846;

» Vu l'ordonnance royale du 13 janvier 1842, portant concession des mines de la Péronnière;

» Vu l'ordonnance royale du 24 janvier 1846, portant rejet du pourvoi formé au contentieux par les sieurs Flachat et consorts contre l'ordonnance susvisée du 13 janvier 1842;

» Vu la loi du 21 avril 1810;

» Vu l'article 40 du décret du 22 juillet 1806;

» Considérant qu'aux termes des art. 6, 16, 17 et 42 de la loi du 21 avril 1810, il appartient au gouvernement de régler par l'acte de concession les droits des propriétaires de la surface sous laquelle est située la mine concédée;

» Que les conventions particulières qui peuvent intervenir avant la concession entre les propriétaires de ladite surface et les demandeurs en concession ne sauraient porter aucune atteinte à l'exercice de ce droit du gouvernement;

» Qu'ainsi la disposition de cet article 5 de l'ordonnance susvisée, du 13 janvier 1842, par laquelle les conventions antérieurement passées entre les demandeurs en concession des mines de la Péronnière, et les sieurs Flachat et

Le tribunal, par jugement du 11 décembre 1843, a déclaré ces concessionnaires responsables de toutes les dégradations signalées, les a condamnés à payer les dommages résultant des travaux de réparation faits ou à faire et de la suspension ou entraves apportés dans la marche des convois pendant le temps qu'ont duré ces réparations, et a ordonné qu'il serait procédé par des experts à l'estimation desdits dommages.

Ce jugement est ainsi conçu :

« Attendu qu'il n'est point contesté que la compagnie du chemin de fer, pour le percement dudit chemin dans le périmètre de la mine de Couzon, a été subrogée aux droits du propriétaire de la surface et jouit des droits et priviléges attachés à cette dernière qualité ; qu'il suit de là qu'on ne doit pas s'arrêter dans la cause à cette circonstance que l'obtention de la concession de la mine dont s'agit est antérieure à l'établissement du chemin de fer, mais que l'on doit examiner si la mine est soumise envers ledit chemin, à raison de la partie souterraine qu'il parcourt, à la même responsabilité qu'à raison des travaux et constructions pratiqués à la surface,

» Attendu qu'en principe général, et d'après les dispositions combinées des articles 544 et 552 du Code civil, 11, 15, 44, 47 et 50 de la loi du 21 avril 1810, l'obligation des concessionnaires est de supporter tous les travaux et constructions du propriétaire de surface et d'être perpétuellement soumis à toutes les éventualités, à toutes les survenances, à tous les besoins de la surface;

» Qu'il suit de là, d'une manière générale et absolue, que toutes les fois qu'il y a perturbation dans les travaux édifiés ou constructions du propriétaire du sol, et que la cause en est justement attribuée aux excavations de la mine, cette dernière doit indemnité, soit qu'elle ait ou n'ait pas pratiqué son extraction d'après les règles de l'art;

» Qu'on opposerait vainement qu'il ne s'agit plus de travaux de surface, effectués par le chemin de fer; que ce dernier a perdu le privilége attaché à la qualité de propriétaire du sol, en s'enfonçant lui-même dans les entrailles de la terre;

» Attendu que l'art. 552 du Code civil accorde au propriétaire de la surface la propriété du dessus et du dessous et le droit d'user et d'abuser de sa chose ; qu'il ne peut

sans doute, soit en perçant un aqueduc, en ouvrant une tranchée ou un tunnel pour un chemin, en creusant un puits ou une carrière, enlever à la mine une portion de son minerai exploitable sans être soumis à l'indemniser conformément à la jurisprudence établie par arrêt de la cour de cassation, rendu entre les parties, le 3 mars 1841; mais, par cela même qu'il a été ainsi tenu de satisfaire aux exigences de la mine, il doit être admis à son tour à exciper de ses droits de propriétaire pour demander la réparation du préjudice causé à ses propres travaux, lorsqu'il ne les a entrepris qu'en vertu de son droit de propriétaire; qu'en effet, aucune autre disposition de la loi n'ayant limité les droits du propriétaire du sol, on doit en conclure que ces droits restent tels qu'ils sont garantis par l'art. 544 du Code civil;

» Attendu que la loi de 1810 est une loi exceptionnelle qui ne saurait recevoir une extension qui n'y est pas exprimée, et que toutes les dispositions qu'elle renferme témoignent du respect du législateur pour la propriété du sol;

» Attendu, en effet, que le concessionnaire n'est propriétaire que de la mine;

» Que la masse qui n'est pas mine et qui n'est pas immédiatement nécessaire aux travaux de la mine, reste attachée à la propriété du sol, qu'elle soit au-dessus, au-dessous ou à côté de la mine;

» Que cette masse est seulement grevée de la servitude de souffrir les travaux nécessaires à l'extraction du minerai; mais si le propriétaire du sol peut, de cette masse, tirer un parti quelconque, pourvu qu'il n'agisse point dans la seule intention de nuire, il doit être admis à y faire les travaux et percements qui seraient utiles et productifs, sans que le concessionnaire puisse, en présence de l'article 552 du Code civil, s'y opposer ni exiger autre chose, en cas de trouble dans sa propre exploitation, que cette indemnité dont le principe a été reconnu en sa faveur par l'arrêt de cassation précité;

» Attendu qu'on ne saurait, sans porter atteinte à ce droit sacré et sans le restreindre dans ses développements et ses besoins les plus légitimes, interdire au propriétaire de surface la faculté de creuser un canal, un chemin, une carrière, un puits, les fondations d'une maison, sous le prétexte que de pareils travaux étant poussés dans le voi-

sinage plus ou moins prochain des galeries d'une mine, ne peuvent être pratiqués qu'aux risques et périls de ce même propriétaire du sol, et sans qu'il puisse invoquer le bénéfice des lois précitées contre les concessionnaires dont les œuvres ébranleraient ou détruiraient ses propres ouvrages;

» Attendu que cette doctrine reçoit dans l'espèce un plus grand degré de force de ce qu'il s'agit d'un objet d'utilité publique, d'un chemin qui a le double caractère de propriété privée et de propriété de l'Etat, et dont les perturbations sous le percement qu'il parcourt aux points litigieux n'intéressent point seulement la compagnie demanderesse, mais compromettent de la manière la plus grave la sûreté des voyageurs; qu'on ne saurait enfin exciper dans la cause des clauses insérées dans le cahier des charges des nouveaux chemins de fer en construction ni les appliquer à une entreprise qui remonte à plus de seize ans et qui n'a pu, dès son origine, être régie par le droit commun;

» Au fond,

» Attendu qu'il résulte du rapport des experts que la voûte du chemin de fer a éprouvé des perturbations graves dans le trajet souterrain qu'il parcourt dans le périmètre de la mine de Couzon;

» Qu'ils divisent ces perturbations en grandes et petites dégradations dans la longueur de cinq cent vingt-deux mètres soixante-dix centimètres parcourus dans la concession de Couzon;

» Qu'ils déclarent que les grandes dégradations qui ont nécessité des frais de réparation très-considérables doivent être attribuées aux anciens travaux de la mine entrepris par les premiers exploitants et consommés avant 1824, époque où ils furent repris, et de l'ordonnance de concession qui intervint, le 17 août 1825, au profit des sieurs Allimand, Bernard et consorts;

» Que, quant aux petites dégradations, ils les attribuent aux travaux de la mine de la deuxième période (en partant de 1824); mais si le rapport est affirmatif sur les deux premières questions, ils n'exprime que des doutes sur la question de savoir si les nouveaux travaux entrepris depuis 1824, et spécialement l'exploitation plus récente au sud de la maison Duroseil (voir les plans), a pu contribuer à augmenter la cause principale des grandes dégradations

pagnie du chemin de fer, à raison de la suspension de ses convois pendant le temps qu'ont exigé les travaux de réparation à faire :

» Attendu que cette suspension ou cette entrave dans la marche des convois a été la conséquence forcée des dégradations de la voûte, et doivent de même être imputées aux faits de la compagnie défenderesse ;

» Que le tribunal, en reconnaissant aussi le principe de cette indemnité, doit charger les mêmes experts d'en apprécier le chiffre ;

» En ce qui touche les nouvelles dégradations qui, d'après la compagnie demanderesse, se seraient manifestées depuis la première opération des experts ;

» Attendu qu'il y a lieu de confier à ces derniers l'appréciation de ces nouveaux faits, et de les charger d'examiner si les nouveaux dommages devraient être attribués aux mêmes causes ;

» En ce qui touche l'exception opposée par la compagnie des mines de Couzon, par laquelle elle articule que, par un acte de vente passé devant Ronat, notaire à Rive-de-Gier, le 25 mars 1829, la veuve Fleurdelix, propriétaire d'un sol et d'une surface de partie de la voie souterraine traversée par le chemim de fer, aurait affranchi les concessionnaires de la mine de toutes indemnités de dégradations à cette partie de surface :

» Attendu que la compagnie du chemin de fer s'est bornée à soutenir que cette clause, en admettant qu'elle soit efficace, ne peut être d'aucune application au procès, parce que la partie de terrain vendue par l'acte précité ne s'appliquerait sur aucun point à la partie du chemin dégradée qui fait l'objet de la contestation ;

» Attendu qu'il y a lieu dès lors à charger les experts de faire l'application sur le terrain du titre dont s'agit ;

» En ce qui touche le chef de demande à fin de bail de caution, formée par la compagnie du chemin de fer contre la compagnie de Couzon :

» Attendu qu'aux termes de l'art. 15 de la loi du 21 avril 1810, le concessionnaire doit bien fournir caution de payer toute indemnité en cas d'accident, lorsque les travaux entrepris doivent être creusés sous les habitations ou dans leurs voisinages immédiats ; mais que, dans l'espèce, les prescriptions de cet article ne sont pas ap-

retards, entraves et empêchements que le chemin de fer a pu éprouver dans ses convois par suite des dégradations signalées ; les charge en même temps d'apprécier si, conformément au dire de la compagnie du chemin de fer, de nouveaux désordres se sont manifestés à la voûte dont s'agit depuis leur première opération, en quoi ils consistent, si ces dégradations nouvelles ont eu lieu dans le périmètre de Couzon et doivent être attribuées de même aux travaux de la mine ; en cas d'affirmative, quel est le dommage qu'a pu en éprouver et en éprouvera encore le chemin de fer jusqu'à complète réfection ;

» Mande aux mêmes experts d'appliquer aux points litigieux l'acte de vente de la veuve Fleurdelix, reçu par Me Ronat, notaire, le 25 mars 1829, à l'effet de savoir si ladite vente comprend une partie de la surface parcourue souterrainement par les portions de voûte dudit chemin, qui sont l'objet de la contestation ; en cas d'affirmative, déterminer quelle est, eu égard à l'ensemble des dégradations signalées par eux, celle qui pourrait, d'après ledit acte, ne donner aucune action en indemnité à la compagnie défenderesse, et de quelle somme le chiffre total du dommage s'en trouverait diminué ;

» Les autorise, au besoin, à lever un plan de cette dernière opération, pour, sur leur rapport, être par les parties requis et par le tribunal statué ce qu'il appartiendra ;

» Condamne la compagnie des mines de houille de Couzon aux dépens faits jusqu'au jour du présent jugement, dans lesquels seront compris ceux du référé et du rapport des experts ; les frais d'expédition du présent jugement, et les nouveaux dépens auxquels l'interlocutoire ordonné donnera lieu, demeurant réservés jusqu'aux fins de cause ; met les parties hors d'instance sur leurs autres demandes, fins et conclusions. »

Les concessionnaires de Couzon ont interjeté appel devant la cour royale de Lyon, qui a annulé le jugement ci-dessus par un arrêt du 4 juillet 1846.

Voici les termes de cet arrêt :

« Attendu qu'il résulte, soit du rapport d'experts, soit des divers documents du procès, que les concessionnaires de la mine de Couzon, en exploitant cette mine, ont satisfait à toutes les précautions prescrites, et se sont

térable, cette extension, dans les prohibitions imposées à la mine, aurait obligé les propriétaires du chemin de fer à des indemnités plus fortes;

» Que les travaux d'entretien ou de consolidation, qui arrivent au même but, doivent suivre la même règle, et par conséquent être à la charge du chemin souterrain pour lequel ils sont faits;

» Attendu que ce serait en quelque sorte détruire l'effet des décisions judiciaires antérieurement rendues entre les parties que d'obliger, dans l'intérêt exclusif du tunnel, les concessionnaires de la mine à des travaux et à des frais extraordinaires qui pourraient dépasser, et, en tous cas, absorberaient en tout ou en partie l'indemnité que les propriétaires du chemin de fer ont été condamnés à leur payer;

» Par ces motifs,

» La cour, statuant sur l'appel et y faisant droit, met le jugement dont est appel au néant;

» Décharge, en conséquence, les appelants des condamnations contre eux prononcées;

» Et statuant au fond, renvoie lesdits appelants de la demande qui leur a été formée par la compagnie anonyme du chemin de fer de Saint-Étienne à Lyon, intimée;

» Condamne celle-ci en tous les dépens de première instance et d'appel, et sera l'amende restituée. »

Il y a pourvoi en cassation.

Il s'agit ici de deux entreprises distinctes. Ne peut-on pas dire qu'elles doivent pouvoir s'exercer dans le cercle de leurs droits respectifs; que si l'on a prescrit et dû prescrire aux concessionnaires de Couzon les dispositions qui ont été jugées necessaires afin de garantir la conservation du chemin de fer, dispositions auxquelles ils se sont conformés, c'est maintenant, ce semble, à la compagnie de pourvoir elle-même aux frais de consolidation et d'entretien que l'état du terrain peut exiger; que dès que les concessionnaires sont restés en dehors du massif réservé, elle n'a rien à prétendre d'eux; qu'autrement, comme l'observe la cour de Lyon, ceux-ci pourraient avoir, de cette manière, à subir des actions en dommages et intérêts sans cesse renaissantes; que vouloir leur faire supporter ces frais d'entretien, ce serait, en

judication de dommages et intérêts, il faut d'abord que le préjudice dont on se plaint soit réel, sérieux, et présente un caractère de gravité tel qu'il excède évidemment la somme de tolérance que, dans une ville commerçante et industrielle, les lois du voisinage imposent aux propriétaires à l'égard des ateliers et établissements d'industrie; il faut en outre qu'il y ait faute quelconque de la part du défendeur;

Attendu que si les odeurs nauséabondes qui s'exhalent d'une raffinerie de sucre, le bruit que peut occasionner le fonctionnement de ses machines, la crainte de l'incendie que ses fourneaux peuvent produire, crainte conjurée par la surveillance de la police et des chefs de l'établissement, ne doivent pas être considérées dans l'espèce comme des causes suffisantes d'un dommage appréciable;

S'il n'y faut voir que des inconvénients inhérents au voisinage de presque tous les établissements de ce genre; si c'est là une des conditions attachées à l'habitation des cités commerciales et industrielles, conditions auxquelles l'habitant est nécessairement soumis, il n'en est pas de même des fumées, alors qu'elles atteignent un degré d'intensité qui affecte profondément l'habitation, dégrade le mobilier, chasse le locataire ou l'oblige à se renfermer pour se préserver de l'action des vapeurs, suivant le temps et la direction du vent;

Attendu que, dans sa descente sur les lieux, le tribunal s'est convaincu que telle était la situation des maisons du sieur Roustan;

Que cet état de choses constitue à l'encontre du sieur Roustan un véritable dommage;

Attendu qu'à l'époque où le sieur Roustan a fait construire ses maisons, la fabrique du sieur de Forbin-Janson, alors possédée par le sieur Lafont, était réduite à des proportions plus restreintes, ne fonctionnait qu'à l'aide de deux chaudières et quatre générateurs de petite dimension, dont un constamment au repos, tandis qu'en 1843, plusieurs années après la construction des maisons du sieur Roustan, le sieur de Forbin-Janson, acquéreur de cette fabrique, lui a donné une extension très-considérable, a ajouté aux deux chaudières anciennes, six nouvelles chaudières beaucoup plus grandes, avec

ployer et que la science peut rechercher et découvrir;

Attendu qu'en l'état de toutes ces circonstances, on doit reconnaître que le défendeur, à l'aide de moyens sinon complétement préservatifs, du moins lénitifs, peut atténuer le dommage dont se plaint le demandeur;

Qu'il y a donc quelque faute de sa part et obligation d'indemniser le plaignant;

Attendu toutefois que cette indemnité doit être réglée sur des bases justes et raisonnables;

Qu'il n'y a pas lieu d'accorder au sieur Roustan une indemnité pour dépréciation foncière de ses immeubles, puisqu'il est vrai de dire que les terrains situés à l'entour de la fabrique du sieur de Forbin-Janson n'ont pas diminué de valeur, et qu'au contraire l'établissement de la gare du chemin de fer dans ce quartier doit contribuer à augmenter le prix de ces terrains;

Attendu d'ailleurs qu'il serait d'autant moins juste de lui accorder définitivement une somme quelconque pour cette prétendue dépréciation, qu'il peut survenir telle circonstance ou l'éruption de tel moyen qui fît cesser en tout ou en partie la cause de dépréciation dont on se plaint;

Que le dommage actuel est le seul dont la réparation peut être justement réclamée et obtenue;

Attendu que ce dommage consiste principalement dans le défaut de location ou dans une location inférieure à sa véritable valeur;

Qu'il est très-probable que si le sieur Roustan, au lieu d'exiger un loyer qu'il obtiendrait sans le voisinage de la fabrique, veut en baisser le prix, il trouvera des locataires qui, à raison de la minimité du loyer, consentiront à supporter l'inconvénient du voisinage;

Qu'il suffit donc de lui tenir compte de la différence présumée;

Attendu que cette différence sur le loyer de chaque maison peut s'évaluer équitablement à trois cents francs;

Attendu que telle est la somme qui a paru juste et raisonnable au tribunal, et que le marquis de Forbin-Janson devra payer annuellement à titre d'indemnité au sieur Roustan pour chacune de ses maisons, tant que subsistera

chemin de fer de Marseille à Avignon) ; d'autre part, que l'usine de Forbin-Janson s'est enfermée dans les limites et la spécialité des travaux d'une simple raffinerie de sucre ;

Considérant que si le principe de l'indemnité invoqué par Roustan était admis, l'existence de la plupart des fabriques industrielles qui sont mises en mouvement par la vapeur serait compromise ;

Considérant, en effet, que dans les grands centres de population, des demandes en dommages-intérêts pourraient être formées par tous les propriétaires des maisons qui entourent les établissements industriels, soit que la distance fût plus ou moins rapprochée ; il suffirait pour cela que, suivant la direction des vents, ces maisons fussent atteintes par la fumée ;

Considérant que la fumée provenant de la fabrique de Forbin-Janson est loin de présenter un inconvénient exorbitant ou abusif, puisque les inconvénients et les incommodités de ce genre sont supportés dans les villes industrielles du royaume sans réclamation devant les tribunaux ;

Considérant que soit que l'on examine en elle-même la fabrique dudit de Forbin-Janson, dont la fumée s'échappe par des cheminées d'une hauteur de vingt-cinq à trente mètres, soit que l'on examine la nature du fait dont se plaint Roustan, on ne peut en conclure qu'il soit juste de lui accorder une indemnité sous le prétexte d'une diminution dans la valeur des maisons qu'il possède ;

Considérant que le principal reproche adressé à l'établissement de Forbin-Janson est basé sur le nombre des fourneaux alimentés par le charbon, ce qui n'empêche pas les premiers juges de déclarer que cet établissement est vraiment remarquable sous le rapport de l'art, de l'industrie et du génie commercial ;

Par ces motifs :

La cour vidant le partage déclaré par l'arrêt du 2 du courant, sans s'arrêter à l'appel de Roustan, dont il l'a démis et débouté, faisant droit, au contraire, à l'appel émis par de Forbin-Janson, réforme le jugement du tribunal de première instance de Marseille, en date du 28 août 1846, et met ledit de Forbin-Janson hors de cour et de procès sur la demande de Roustan, ordonne la res-

ORDONNANCES DU ROI

CONCERNANT

LES MINES, USINES ET CHEMINS DE FER.

DEUXIÈME SEMESTRE 1846.

Ordonnance du 22 *juillet* 1846, *portant que le sieur* Dominique Duplantier *est autorisé à établir aux moulins* Farnet, *quartier de* Bouvenne, *commune de* Rustrel (Vaucluse), *une usine à fer composée de quatre hauts-fourneaux, dont deux consommeront du charbon de bois, et les deux autres seront alimentés avec du coke ou tout autre combustible minéral.* Usine à fer, à Rustrel.

Ordonnance du 25 *juillet* 1846, *portant que le sieur* Guilleminot *est autorisé à maintenir en activité le haut-fourneau et le patouillet à deux huches qu'il possède dans la commune de* Prusly-sur-Ourse (Côte-d'Or). Haut-fourneau et patouillet, à Prusly-sur-Ourse.

Ordonnance du 25 *juillet* 1846, *portant que le sieur* Auguste-Donat de Blondeau *est autorisé à maintenir en activité l'usine à fer établie sur la rive droite du* Doubs, *au lieu dit le* Gouffre-du-Lod, *dans la commune de* Liebvillers (Doubs). Usine à fer du Gouffre-du-Lod, à Liebvillers.

Ladite usine est et demeure composée ainsi qu'il suit, savoir :

1° D'un foyer d'affinerie au charbon de bois, avec un four de chaufferie à la chaleur perdue ;

2° D'une machine soufflante ;

3° D'un marteau de forge ;

4° D'un système de cylindres étireurs pour la verge de tirerie et le petit fer ;

7° Les machines soufflantes et de compression nécessaires au travail de l'usine.

Ordonnance du 3 *août* 1846, *portant modification en ce qui concerne le régime des eaux, de celle du* 20 *février* 1843, *par laquelle le sieur* Lechêne *a été autorisé :* 1° *à maintenir en activité le haut-fourneau et la forge de* Diénay (Côte-d'Or) ; 2° *à y établir un bocard et un patouillet.* Haut-fourneau, forge, etc., de Diénay.

Ordonnance du 27 *août* 1846, *portant que le sieur* Lallemand-Maréchal *est autorisé :* 1° *à maintenir en activité les usines à fer et les moulins de* Stenay (Meuse), *situés sur la Meuse* ; 2° *à ajouter auxdites usines un haut-fourneau pour la fusion du minerai de fer.* Usines et moulins de Stenay.

En conséquence, la consistance de l'établissement métallurgique est ainsi fixée :

1° Deux hauts-fourneaux ;
2° Quatre feux d'affinerie ;
3° Deux fours de fenderie à la houille ;
4° Un bocard à laitiers ;
5° Les machines soufflantes et de compression nécessaires à la fabrication du fer.

(Extrait.)

Art. 2. Le régime des eaux est fixé ainsi qu'il suit :

Moulins de Stenay.

§ 4. Le nombre total des tournants des moulins de Stenay est fixé à six.

Forges de Stenay.

§ 5. Le nombre des tournants des forges de Stenay est fixé à sept, y compris ceux de la fenderie.

Art. 10. Dans aucun cas, et sous aucun prétexte, le permissionnaire ne pourra prétendre aucune indemnité à raison des chômages temporaires qui seraient le résultat

d'avoir son effet le 1er mai 1854, époque à laquelle expirent le bail consenti par le sieur Verlingue, des terrains où les lavoirs et leurs dépendances sont situés, et le consentement donné par le sieur Maillard à l'établissement, sur sa propriété, d'un lit artificiel pour le passage du ruisseau de Beuvrequent, lorsque ses eaux ne seront pas employées au service des lavoirs.

En cas de renouvellement du bail et du consentement ci-dessus énoncés, la permission ne prendra fin qu'à l'expiration des nouvelles conventions.

Ordonnance du 27 *août* 1846, *portant que les sieurs* AUBERT, GOUVY et compagnie, *propriétaires de la saline de* SARRALBE, *commune du même nom* (Moselle), *sont autorisés à établir cinq nouvelles poêles pour la fabrication du sel, ayant ensemble une superficie de* 283 *mètres carrés*, 80 *décimètres carrés, et à allonger de* 2 *mètres chacune des six poêles comprises dans le bâtiment* A *du plan, de manière à augmenter la surface totale de ces six poêles de* 56 *mètres carrés*, 40 *décimètres carrés.* Saline de Sarralbe

En conséquence, la consistance de la saline de Sarralbe est de quinze poêles, offrant une superficie totale de 751 mètres carrés, 11 décimètres carrés.

Ordonnance du 27 *août* 1846, *portant que le sieur* DORNIER *est autorisé à établir un lavoir à cheval pour la préparation du minerai de fer au lieu dit* DEVANT LE BOIS DE CHARMOILLE, *dans la commune de* DAMPIERRE-SUR-SALON (Haute-Saône). Lavoir à cheval, à Dampierre-sur-Salon.

Ordonnance du 31 *août* 1846, *portant que le sieur* DORNIER aîné *est autorisé à établir un patouillet et deux lavoirs à bras pour la préparation des minerais de fer, au lieu dit* LA FERME DE LA GOULARDE, *commune d'*OYRIÈRES (Haute-Saône). Patouillets et lavoirs à bras, à Oyrières.

LOUIS-PHILIPPE, etc.

Vu l'arrêté ministériel du 22 septembre 1844, qui a accordé pour quatre-vingt-dix-neuf ans, aux sieurs Henry frères, négociants à Marseille, la concession des mines de cuivre et de fer dites *des Mouzaïas*, en Algérie;

Vu la loi du 21 avril 1810, sur les mines, les décrets des 6 mai 1811 et 3 janvier 1813, la loi du 27 avril 1838 et les ordonnances des 18 avril 1842, 26 mars 1843 et 21 juillet 1845;

Voulant appliquer en Algérie la législation sur les mines en vigueur en France, avec les modifications réclamées par l'organisation administrative de la colonie;

Sur le rapport de notre ministre secrétaire d'État de la guerre;

Nous avons ordonné et ordonnons ce qui suit:

Art. 1er. La concession faite pour quatre-vingt-dix-neuf ans, aux sieur Henry frères, négociants à Marseille, par l'arrêté ministériel du 22 septembre 1844 (1), des mines de cuivre et de fer sises au territoire des Mouzaïas,

---

(1) Arrêté du 22 septembre 1844:

« Le président du conseil, ministre secrétaire d'Etat de la guerre,

» Vu la loi du 21 avril 1810, l'instruction ministérielle du 3 août suivant, et le décret du 3 janvier 1813, concernant la concession et l'exploitation des mines en France;

» Vu la nécessité de se conformer à leurs principales dispositions pour les mines de l'Algérie, en attendant que cette législation y ait été rendue complétement applicable;

» Considérant que l'utilité de l'exploitation des mines de cuivre et de fer dont les affleurements paraissent entre le col de Mouzaïa et le bois des Oliviers a été suffisamment reconnue;

» Après avoir pris l'avis du gouverneur général et du conseil d'administration de l'Algérie;

» Arrête:

» *Art.* 1er. Il est fait concession, pour quatre-vingt-dix-neuf ans, aux sieurs Henry frères, négociants à Marseille, des mines de cuivre et de fer existant dans la portion du territoire des Mouzaïas, délimitée ainsi qu'il suit, et conformément au plan annexé au présent arrêté, savoir:

» Au Nord, une ligne brisée, etc. » (comme dans l'ordonnance du 3 novembre 1846, portant maintien de la concession).

Art. 2. Cette concession est faite sans garantie, de la part de l'Etat, relativement aux causes de force majeure qui pourraient troubler les concessionnaires dans le cours de leur exploitation.

Art. 3. Les minerais extraits par les concessionnaires devront être ou traités en Algérie, ou transportés en France pour y être traités. Leur exportation à l'étranger est interdite.

Art. 4. Les concessionnaires payeront à l'Etat, conformément aux dispositions du titre IV, section 2, de la loi du 21 avril 1810:

en Algérie, et comprises dans les limites ci-après définies, conformément au plan annexé audit arrêté, est et demeure maintenue.

Art. 2. Cette concession, qui prendra le nom de *Concession des Mouzaïas*, est limitée conformément au plan annexé à la présente ordonnance, ainsi qu'il suit, savoir:

Au Nord, par une ligne brisée partant du col de Mouzaïa (point A), suivant les crêtes B, C, jusqu'au point D, pic des Mouzaïas, et de là une ligne droite tirée au point E, où l'Oued-Merdja se jette dans la Chiffa;

A l'Est, le cours de la Chiffa, en le remontant jusqu'au point E², affluent de l'oued M'Saoud;

Au Sud, le cours de la Chiffa jusqu'au point F, affluent de l'Oued-Mokahal; de là une ligne tirée jusqu'au point G, source de l'Oued-Kaïd, suivant le cours de cette rivière jusqu'à son embouchure dans le Bou-Roumi, au point H, puis ensuite le Bou-Roumi jusqu'au point K, embouchure de l'Oued-Zaouia;

A l'Ouest, le cours de l'Oued-Zaouia, en le remontant jusqu'à sa source au point L; enfin, du point L, une ligne droite rejoignant le point de départ A;

Lesdites limites renfermant une étendue superficielle de 52 kilomètres, 55 hectares, 7 ares, 48 centiares.

Art. 3. Il n'est rien préjugé sur l'exploitation des gîtes de tout minerai étranger au cuivre et au fer qui pourrait

---

1° Une redevance fixe annuelle de 10 francs par kilomètre carré de surface.

2° Une redevance proportionnelle qui ne pourra s'élever au-dessus de cinq pour cent, soit de la valeur des minerais qui seront présentés en douane pour être transportés en France, soit du produit des minerais qui seraient traités en Algérie, en se conformant, pour les derniers, aux dispositions du titre VII, sections 5 et 6 de la même loi. La redevance proportionnelle est fixée à cinq pour cent pour la première année d'exploitation.

Art. 5. Pour le surplus des conditions d'exploitation, les concessionnaires auront à se conformer aux dispositions reconnues applicables en Algérie et contenues dans les titres V, VII, IX et X de la loi du 21 avril 1810, ainsi qu'à celles du décret du 3 janvier 1813.

Art. 6. Il est entendu, conformément à l'art. 19 de la loi du 21 avril 1810, que la présente concession, créant une propriété distincte de celle de la surface du sol, ne donne aux concessionnaires aucun droit à la possession de ladite surface.

Art. 7. Le gouverneur général de l'Algérie est chargé de l'exécution du présent arrêté.

Soult-Berg, près St-Amans-la-Bastide (Tarn), le 22 sept. 1844.

Signé MARÉCHAL DUC DE DALMATIE.

exister dans l'étendue de la concession des Mouzaïas. La concession de ces gîtes de minerai sera accordée, s'il y a lieu, après une instruction particulière, soit aux concessionnaires des mines des Mouzaïas, soit à une autre personne. Les cahiers des charges des deux concessions règleront, dans ce dernier cas, les rapports des concessionnaires entre eux, pour la conservation de leurs droits mutuels et pour la bonne exploitation des deux substances.

Art. 4. Les concessionnaires seront tenus de traiter ou de faire traiter, soit en Algérie, soit en France, les minerais de fer et de cuivre provenant de l'exploitation de leur concession. L'exportation à l'étranger est interdite.

Art. 5. La présente concession est faite sous toutes réserves des droits qui résulteront pour les propriétaires de la surface, soit l'Etat, soit les particuliers, des articles 59 à 69 de la loi du 21 avril 1810, tant à l'égard des minerais de fer dits d'alluvion, que relativement aux minerais en filons ou en couches qui seraient situés près de la surface et susceptibles d'être exploités à ciel ouvert, pourvu que ce mode d'exploitation ne rende pas impossible l'exploitation ultérieure, par travaux souterrains, des minerais situés dans la profondeur.

En cas de contestation entre les propriétaires du sol et les concessionnaires, sur la question de savoir si un gîte de minerai doit, ou non, être exploité à ciel ouvert, ou si ce genre d'exploitation, déjà entrepris, doit cesser, il sera statué par le directeur des travaux publics, sur le rapport des ingénieurs des mines, les parties ayant été entendues, sauf le recours au ministre de la guerre.

Art. 6. Les droits attribués aux propriétaires de la surface, soit l'Etat, soit les particuliers, par les articles 6 et 42 de la loi du 21 avril 1810, sont réglés à vingt centimes par hectare de superficie.

Les droits attribués à l'Etat comme propriétaire de la surface, seront versés tous les trois mois, entre les mains du receveur des domaines.

Art. 7. Les concessionnaires paieront, en outre, aux propriétaires, de la surface, les indemnités déterminées par les articles 43 et 44 de la loi du 21 avril 1810, pour les dégâts et non-jouissance de terrains, occasionnés par l'exploitation des mines.

Art. 8. En exécution de l'article 46 de la loi du 21 avril 1810, toutes les questions d'indemnités à payer par

les concessionnaires, qui s'élèveraient à raison de recherches ou travaux antérieurs à la présente ordonnance, seront décidées par le conseil du contentieux.

Art. 9. Les concessionnaires payeront à l'Etat, entre les mains du receveur des domaines, les redevances fixe et proportionnelle établies par la loi du 21 avril 1810, et conformément à ce qui est déterminé par le décret du 6 mai 1811.

Art. 10. Les concessionnaires se conformeront exactement aux dispositions du cahier des charges annexé à la présente ordonnance, et qui est considéré comme en faisant partie essentielle.

Art. 11. En exécution de l'ordonnance royale du 18 avril 1842, ils devront élire un domicile administratif en Algérie. Ils le feront connaître par une déclaration adressée au directeur des travaux publics.

Art. 12. La compagnie concessionnaire sera tenue, conformément à l'article 7 de la loi du 27 avril 1838, de désigner, par une déclaration authentique faite au directeur des travaux publics, celui de ses membres ou toute autre personne résidant en Algérie, à qui elle aura donné les pouvoirs nécessaires pour correspondre en son nom avec l'autorité administrative, et, en général, pour la représenter vis-à-vis de l'administration, tant en demandant qu'en défendant.

Elle devra en outre, justifier aux termes du même article 7, qu'il a été pourvu, par une convention spéciale à ce que les travaux d'exploitation soient soumis à une direction unique et coordonnés dans un intérêt commun.

Faute par la Compagnie d'avoir fait, dans le délai qui lui aura été assigné, la déclaration et la justification requises par le présent article, ou d'exécuter les clauses de la convention qui auraient pour objet d'assurer l'unité de la concession, les dispositions dudit article 7 de la loi du 27 avril 1838, et celles des articles 93 et suivants de la loi du 21 avril 1810 pourront lui être appliquées.

Art. 13. La propriété de la concession ne pourra être transportée, cédée, vendue ou transmise d'une manière quelconque à une autre personne ou à une autre compagnie, sans l'autorisation du gouvernement.

Art. 14. Il y aura particulièrement lieu à l'exercice de la surveillance de l'administration des mines, en exécution des articles 47, 49 et 50 de la loi du 21 avril 1810 et

du titre II du décret du 3 janvier 1813, si la propriété vient à être transmise d'une manière quelconque à une autre personne par les concessionnaires. Ce cas arrivant, le nouveau propriétaire de la concession sera tenu de se conformer exactement aux conditions prescrites par la présente ordonnance et par le cahier des charges y annexé.

Dans le cas où la concession serait transmise à une société, celle-ci sera tenue de se conformer à ce qui est exigé par l'article 7 de la loi du 27 avril 1838, sous peine de l'application, s'il y a lieu, des mesures prescrites par ce même article et des dispositions des articles 93 et suivants de la loi du 21 avril 1810.

Art. 15. Dans le cas prévu par l'article 49 de la loi du 21 avril 1810, où l'exploitation serait restreinte ou suspendue sans aucune cause reconnue légitime, le directeur des travaux publics assignera aux concessionnaires un délai de rigueur qui ne pourra excéder trois mois. Faute par les concessionnaires de justifier, dans ce délai, de la reprise d'une exploitation régulière et des moyens de la continuer, il en sera rendu compte conformément audit article 49, au ministre de la guerre qui prononcera, s'il y a lieu, le retrait de la concession en exécution de l'article 10 de la loi du 27 avril 1838, et suivant les formes prescrites par l'article 6 de la même loi.

Art. 16. Provisoirement, et jusqu'à ce que la décision du ministre soit rendue, le directeur des travaux publics déterminera par un arrêté, le mode suivant lequel il conviendra de procéder à l'exploitation des minerais de fer qui seraient nécessaires aux usines du voisinage.

Cet arrêté sera soumis à l'approbation du ministre de la guerre.

Art. 17. Si les concessionnaires veulent renoncer à la totalité ou à une portion de la concession, ils s'adresseront par voie de pétition, au directeur des travaux publics, six mois au moins avant l'époque à laquelle ils auraient l'intention d'abandonner les travaux de leurs mines, et ils joindront à ladite pétition :

1° Le plan et l'état descriptif de leurs exploitations ;

2° Un certificat du conservateur des hypothèques, constatant qu'il n'existe point d'inscriptions hypothécaires sur la concession, ou, dans le cas contraire, un état de celles qui pourraient avoir été prises.

des travaux publics, et sous la surveillance spéciale des ingénieurs des mines, les travaux qui seront jugés nécessaires pour compléter l'exploration des terrains compris dans la concession.

Art. 3. Les travaux prescrits ci-dessus devront être exécutés dans un délai de six mois, à dater de la notification de l'ordonnance. Ce délai pourra être prorogé par le ministre de la guerre.

Art. 4. Dans le délai de six mois, à partir de la notification de l'ordonnance, les concessionnaires adresseront au directeur des travaux publics les plans et coupes de leurs mines et des travaux déjà exécutés; ces plans seront dressés à l'échelle d'un millimètre par mètre et divisés en carreaux de dix en dix millimètres. Ils y joindront un mémoire indiquant avec détails le mode d'exploitation déjà suivi et celui qu'ils se proposent de suivre. L'indication de ces modes d'exploitation sera aussi tracée sur les plans et coupes.

Art. 5. Les plans et le mémoire fournis en exécution du précédent article, contiendront le tracé et les déclarations des propriétés territoriales que le champ d'exploitation devra embrasser. Un extrait de la déclaration, rédigé par l'ingénieur des mines, sera affiché pendant un mois à Alger et au lieu de la résidence de l'autorité civile ou militaire chargée de l'administration du territoire sur lequel s'étend la concession.

Art. 6. Le directeur des travaux publics, sur le vu de ces pièces, et après avoir consulté les ingénieurs des mines, autorisera, s'il y a lieu, l'exécution du projet des travaux.

S'il est reconnu que ce projet peut occasionner quelques-uns des inconvénients ou dangers énoncés tant dans le titre V de la loi du 21 avril 1810 que dans les titres II et III du décret du 3 janvier 1813, qu'il n'assure pas aux mines une exploitation régulière et durable, qu'il ne se coordonne pas convenablement avec la marche des exploitations voisines; enfin, qu'il serait un obstacle aux travaux d'intérêt général que l'administration peut avoir ultérieurement à prescrire, le directeur des travaux publics n'en autorisera l'exécution qu'en y apportant les modifications nécessaires.

En cas de réclamation de la part des concessionnaires, il sera définitivement statué par le ministre de la guerre.

Art. 7. Aussitôt que les concessionnaires porteront l'extraction sous une propriété territoriale, ils seront tenus d'en prévenir le propriétaire du sol.

Art. 8. Il ne pourra être procédé à l'ouverture de puits ou galeries partant du jour, pour être mis en communication avec des travaux existants, sans une autorisation du directeur des travaux publics, accordée sur la demande des concessionnaires et sur le rapport des ingénieurs des mines.

Art. 9. Lorsque les concessionnaires voudront ouvrir un nouveau champ d'exploitation, ils adresseront au directeur des travaux publics un plan qui devra se rattacher au plan général de la concession, et un mémoire indiquant leur projet de travaux, le tout dressé conformément à ce qui est prescrit par l'article 4 ci-dessus. Le directeur des travaux publics, sur le rapport des ingénieurs des mines, approuvera ou modifiera ce projet, ainsi qu'il est dit à l'article 6.

Art. 10. Dans le cas où les travaux projetés par les concessionnaires devraient s'étendre sur une ville, sous des habitations ou des édifices, ces travaux ne pourront être exécutés qu'en vertu d'une autorisation spéciale du directeur des travaux publics, donnée sur le rapport des ingénieurs des mines, après que les propriétaires intéressés auront été entendus, et après que les concessionnaires auront donné caution de payer l'indemnité exigée par l'article 15 de la loi du 21 avril 1810. Les contestations relatives soit à la caution, soit à l'indemnité, seront portées devant les tribunaux et cours, conformément audit article.

L'autorisation d'exécuter les travaux sera refusée par le directeur des travaux publics, s'il est reconnu que l'exploitation peut compromettre la sûreté du sol, celle des habitants ou la conservation des édifices.

Art. 11. Dans le cas où les travaux projetés par les concessionnaires devraient s'étendre sous un canal, un bassin, un cours d'eau, une route ou un chemin de fer, ou à une distance de ses bords moindre de 12 mètres, ces travaux ne pourront être exécutés qu'en vertu d'une autorisation du directeur des travaux publics, donnée sur le rapport des ingénieurs des mines, après que les propriétaires et leurs ingénieurs auront été entendus, et après que les concessionnaires auront donné caution de

payer l'indemnité exigée par l'article 15 de la loi du 21 avril 1810. Les contestations relatives soit à la caution, soit à l'indemnité, seront portées devant les tribunaux et cours, conformément audit article.

S'il est reconnu que l'autorisation peut être accordée, l'arrêté du directeur des travaux publics prescrira toutes les mesures de conservation et de sûreté qui seront jugées nécessaires.

Art. 12. Les concessionnaires ne pourront pratiquer aucune ouverture de travaux dans les forêts domaniales ou communales, avant qu'il ait été dressé contradictoirement procès-verbal de l'état des lieux par les agents de l'administration des forêts, afin que l'on puisse constater au bout d'un an, et successivement chaque année, les indemnités qui seront dues.

Les déblais extraits de ces travaux seront déposés aussi près qu'il sera possible de l'entrée des mines, dans les endroits les moins dommageables, lesquels seront désignés par le directeur des travaux publics, qui s'entendra, à cet égard, avec le directeur des finances et du commerce, sur la proposition des agents forestiers locaux, les concessionnaires et l'ingénieur des mines ayant été entendus.

Art. 13. Les concessionnaires seront civilement responsables des dégâts commis dans les forêts par leurs ouvriers ou par leurs bestiaux, dans la distance fixée par l'art. 31 du code forestier.

Art. 14. Lorsque les concessionnaires abandonneront une ouverture de mine dans la forêt, ils pourront être tenus de la faire combler, en nivelant le terrain, et de faire repeupler ce terrain en essence de bois convenable au sol. Cette disposition sera ordonnée, s'il y a lieu, par un arrêté du directeur des travaux publics, pris de concert avec le directeur des finances et du commerce, sur le rapport des agents de l'administration forestière et de l'ingénieur des mines, les concessionnaires ayant été entendus, et sauf recours devant le ministre de la guerre.

Art. 15. Chaque année, dans le courant de janvier, les concessionnaires adresseront au directeur des travaux publics les plans et coupes des travaux exécutés dans le cours de l'année précédente. Ces plans, dressés à l'échelle d'un millimètre par mètre, de manière à pouvoir être

compromettre ni la sûreté publique, ni celle des ouvriers, ni la conservation de la mine. Ils se conformeront, à cet effet, aux instructions qui leur seront adressées par l'administration et par les ingénieurs des mines, d'après les observations auxquelles la visite et la surveillance des mines pourront donner lieu.

Art. 21. Dans les cas prévus par l'article 50 de la loi du 21 avril 1810, et généralement lorsque, par une cause quelconque, l'exploitation compromettra la sûreté publique ou celle des ouvriers, la solidité des travaux, la conservation du sol et des habitations de la surface, les concessionnaires seront tenus d'en donner immédiatement avis à l'ingénieur des mines, ou, à son défaut, aux gardes-mines et à l'autorité civile ou militaire chargée de l'administration de la localité dans laquelle l'exploitation sera située.

Si les concessionnaires, sur la notification qui leur sera faite de l'arrêté que prendra le directeur des travaux publics pour faire cesser la cause du danger, n'y obtempèrent pas, il y sera pourvu selon ce qui est prescrit par les articles 4 et 5 de l'ordonnance royale du 26 mars 1843.

Art. 22. Les concessionnaires seront tenus de placer à l'orifice des puits, tant d'extraction que d'épuisement, des machines assez puissantes pour suffire aux besoins de la consommation et pour assécher convenablement les travaux.

Ces machines devront toujours être garnies d'un frein en bon état.

Art. 23. Conformément à l'article 14 de la loi du 21 avril 1810, et à l'article 25 du décret du 3 janvier 1813, les concessionnaires ne pourront confier la direction de leurs mines qu'à une personne qui aura justifié de la capacité suffisante pour bien conduire les travaux. Ils ne pourront employer, en qualité de maîtres-mineurs ou de chefs d'ateliers souterrains, que des personnes qui auront travaillé au moins pendant trois ans dans les mines, comme mineurs, boiseurs ou charpentiers, ou des élèves de l'Ecole des mineurs de Saint-Etienne, ou de l'Ecole des maîtres ouvriers mineurs d'Alais, ayant achevé leurs cours d'études et pourvus d'un brevet.

Aux termes de l'article 26 du décret du 3 janvier 1813, les concessionnaires n'emploieront que des mineurs et ouvriers porteurs de livrets.

par le directeur des travaux publics, conformément aux dispositions de l'ordonnance royale du 26 mars 1843.

Le directeur des travaux publics pourra également ordonner la levée d'office, et aux frais des concessionnaires, des plans dont l'inexactitude aurait été constatée par les ingénieurs des mines.

Art. 28. Faute par les concessionnaires d'adresser au directeur des travaux publics le projet d'exploitation exigé par l'article 3, ou de se conformer, dans leurs travaux, au mode d'exploitation qui aura été déterminé par le directeur des travaux publics, d'après l'article 6, leurs exploitations seront considérées comme pouvant compromettre la sûreté publique ou la conservation de la mine, et il y sera pourvu en exécution de l'article 50 de la loi du 21 avril 1810. En conséquence, la contravention ayant été constatée par un procès-verbal de l'ingénieur des mines, la mine sera mise en surveillance spéciale, et il y sera placé, aux frais des concessionnaires, un garde-mine au tout autre préposé nommé par le directeur des travaux publics, à l'effet de lui rendre un compte journalier de l'état des travaux et de proposer telle mesure de police dont il reconnaîtra la nécessité.

Sur les propositions de cet agent et sur le rapport des ingénieurs des mines, le directeur des travaux publics ordonnera l'exécution des travaux jugés nécessaires à la sûreté publique ou à la conservation de la mine, et la suspension ou l'interdiction des ouvrages dangereux, sauf à en rendre compte immédiatement au ministre de la guerre.

Les frais auxquels donnera lieu l'application de ces dispositions seront réglés par le directeur des travaux publics, et recouvrés conformément à ce qui est prescrit par l'article 5 de l'ordonnance royale du 26 mars 1843.

Art. 29. Si les gîtes à exploiter dans la concession de la mine de cuivre et de fer des Mouzaïas se prolongent hors de cette concession, le directeur des travaux publics pourra ordonner, sur le rapport des ingénieurs des mines, les concessionnaires ayant été entendus, qu'un massif soit réservé intact sur chaque gîte, près de la limite de la concession, pour éviter que les exploitations soient mises en communication avec celles qui auraient lieu dans une concession voisine, d'une manière préjudiciable à l'une ou à l'autre mine. L'épaisseur des massifs sera déterminée

par l'arrêté du directeur des travaux publics qui en ordonnera la réserve.

Les massifs ne pourront être traversés ou entamés par un ouvrage quelconque, que dans le cas où le directeur des travaux publics, après avoir entendu les concessionnaires intéressés, et sur le rapport des ingénieurs des mines, aura autorisé cet ouvrage et prescrit le mode suivant lequel il devra être exécuté. Dans le cas où l'utilité des massifs aurait cessé, un arrêté du directeur des travaux publics sera nécessaire pour autoriser les concessionnaires à exploiter la partie qui leur appartiendra.

Art. 30. Toutes les fois que les concessionnaires exécuteront des travaux sur des exploitations dépendant d'une autre concession, ou dans leur voisinage immédiat, ils seront tenus, aux termes de l'article 15 de la loi du 21 avril 1810, de donner caution de payer toute indemnité en cas d'accident. Les contestations relatives soit à la caution, soit à l'indemnité, seront portées devant les tribunaux et cours, conformément audit article.

Art. 31. Dans le cas où il serait reconnu nécessaire à l'exploitation de la concession ou d'une concession limitrophe, d'exécuter des travaux ayant pour but, soit de mettre en communication les mines des deux concessions pour l'aérage ou pour l'écoulement des eaux, soit d'ouvrir des voies d'aérage, d'écoulement ou de secours, destinées au service des mines de la concession voisine, les concessionnaires seront tenus de souffrir l'exécution de ces travaux et d'y participer dans la proportion de leur intérêt.

Ces ouvrages seront ordonnés par le directeur des travaux publics, sur le rapport des ingénieurs des mines, les concessionnaires ayant été entendus, et sauf recours au ministre de la guerre.

En cas d'urgence, les travaux pourront être entrepris sur la simple réquisition de l'ingénieur des mines, conformément à l'article 14 du décret du 3 janvier 1813.

Dans ces divers cas, il pourra y avoir lieu à indemnité d'une mine en faveur de l'autre, et le règlement s'en fera par experts, conformément à ce qui est prescrit par l'article 45 de la loi du 21 avril 1810, pour les travaux servant à l'évacuation des eaux d'une mine dans une autre mine.

Art. 32. Dans le cas où le gouvernement reconnaîtrait

la nécessité de travaux communs à plusieurs exploitations situées dans des concessions différentes, soit pour assécher des mines inondées, soit pour garantir de l'inondation des mines qui n'en seraient pas encore atteintes, les concessionnaires se conformeront à tout ce qui sera prescrit, en vertu de la loi du 27 avril 1838, relativement au système et au mode d'exécution et d'entretien des travaux d'épuisement, ainsi qu'à la répartition des taxes que les différents concessionnaires auront à acquitter.

Le refus de payement de la quote-part attribuée aux concessionnaires donnera lieu, contre eux, à l'application de l'article 6 de la loi du 27 avril 1838.

Art. 33. L'exécution et la conservation des travaux dont il est question dans les deux articles précédents, seront soumises à la surveillance spéciale des ingénieurs des mines.

Art. 34. Si des gîtes de minerais étrangers au cuivre et au fer, compris dans l'étendue de la concession des Mouzaïas, sont exploités légalement par les propriétaires du sol, ou deviennent l'objet d'une concession particulière accordée à des tiers, les concessionnaires des mines des Mouzaïas seront tenus de souffrir les travaux que l'administration reconnaîtrait utiles à l'exploitation desdits minerais, et même, si cela est nécessaire, le passage dans leurs propres travaux; le tout, s'il y a lieu, moyennant indemnité, laquelle sera, selon les cas, réglée de gré à gré ou à dire d'experts, ou renvoyée au jugement du conseil du contentieux par application de l'article 56 de la loi du 21 avril 1810.

Art. 35. Dans le cas où les concessionnaires, usant de la faculté qui leur est donnée par l'article 4 de l'ordonnance de concession, voudront traiter en Algérie les produits de leur exploitation, ils ne pourront établir des mines pour la préparation mécanique et le traitement minéralurgique de ces produits, qu'après l'accomplissement des formalités exigibles par l'application des articles 73 et suivants de la loi du 21 avril 1810.

Les concessionnaires devront, dans ce cas, amener sur les lieux le nombre d'ouvriers nécessaires tant pour l'extraction des minerais, que pour leur préparation mécanique et leur traitement minéralurgique dans les usines créées à cet effet, l'administration s'engageant à favoriser, autant que faire se pourra, l'établissement et le dévelop-

Ordonnance du 4 novembre 1846, portant que le sieur Chaudron *est autorisé à établir : 1° un haut-fourneau pour la fabrication de la fonte sur une dérivation du biez du moulin qu'il possède sur la* Marne, *à* Gudmont, *arrondissement de* Vassy (Haute-Marne); *2° un patouillet pour repasser le minerai destiné à l'alimentation de ce haut-fourneau, sur le canal de décharge dudit moulin.* Haut-fourneau et patouillet, à Gudmont.

Ordonnance du 4 novembre 1846, portant que le sieur Roger-Dumanoir *est autorisé à établir une forge à la houille au lieu et place du moulin qu'il possède sur la rivière de* Barse, *dans la commune de* la Villeneuve-au-Chêne (Aube). Forge, à la Villeneuve-au-Chêne.

La consistance de cette usine est et demeure fixée ainsi qu'il suit, savoir :

1° Deux fours à puddler à la houille ;

2° Deux fours à réverbère de chaufferie, marchant aussi à la houille ;

3° Les artifices et machines de compression qu'exigera la fabrication des fers provenant du roulement journalier de ces fours.

Ordonnance du 4 novembre 1846, portant que le sieur Joseph Maître *est autorisé à établir dans sa propriété, sur la rivière d'*Ource, *commune de* Prusly-sur-Ource (Côte-d'Or), *un patouillet à deux huches pour le lavage du minerai de fer, un moulin à blé et un foulon ; le tout en remplacement d'usines semblables, à lui appartenant, sur le même cours d'eau, dans la commune de* Villotte. Patouillet, moulin et foulon, à Prusly-sur-Ource.

Ordonnance du 4 novembre 1846, portant que le sieur Poinssot *est autorisé à établir deux lavoirs à bras, pour la préparation du minerai de fer,* Lavoirs à bras, à Percey-le-Petit.

l'usage du chemin de fer et des ouvrages qui en dépendent. »

Cette disposition a été reproduite d'une manière générale dans la loi du 11 juin 1842, qui a décrété le réseau des grandes lignes de chemins de fer à ouvrir sur le territoire du royaume ; enfin, elle est consacrée dans la loi du 15 juillet 1845 sur la police des chemins de fer : elle doit donc être considérée aujourd'hui comme une disposition de droit commun applicable à chacune de ces voies nouvelles de communication.

Jusqu'ici, toutefois, Sire, pour aucun des chemins de fer exécutés en France, l'administration supérieure n'a provoqué les règlements d'administration publique prévus par la loi. L'expérience était trop récente pour qu'il fût possible de soumettre à la sanction de Votre Majesté les mesures relatives à la police de ces chemins, et l'on s'est borné à des règlements provisoires auxquels on apportait successivement les modifications dont chaque jour faisait reconnaître l'utilité ou la convenance.

Mais le temps a marché : aujourd'hui, soit en France, soit à l'étranger, les chemins de fer en exploitation se sont multipliés ; des accidents déjà trop nombreux, et dont quelques-uns malheureusement ont eu une grande gravité, sont venus révéler les points sur lesquels devait se porter de préférence l'attention de l'autorité, et le moment est venu de régler les mesures d'ordre et de police à observer sur les chemins de fer. Je viens soumettre, en conséquence, à la signature de Votre Majesté le projet de règlement général que j'ai préparé dans ce but.

Ce projet est le fruit de longues et laborieuses méditations : le conseil des ponts-et-chaussées (section des chemins de fer), le conseil d'Etat, après le conseil des ponts-et-chaussées, y ont consacré de nombreuses séances et y ont apporté successivement de nombreuses améliorations ; les compagnies exploitantes ont été entendues ; enfin, avant d'arrêter une rédaction définitive, je me suis entouré de toutes les lumières, j'ai consulté l'expérience des hommes pratiques, et je crois, dès lors, pouvoir soumettre avec confiance le projet ci-joint à l'approbation de Votre Majesté.

Je ne dois pas, d'ailleurs, omettre d'ajouter qu'en ce qui touche les mesures relatives à la sûreté de la circu-

le soin de contrôler et le droit de décider et d'ordonner. C'est à ce dernier parti que j'ai cru devoir m'arrêter. Les compagnies sont chargées directement de l'exploitation des chemins de fer ; elles en sont responsables vis-à-vis du public comme vis-à-vis de l'administration ; elles ont un intérêt immense à prévenir les accidents, et à organiser un service qui inspire sécurité et confiance. Les études journalières auxquelles elles doivent se livrer dans ce but, l'expérience qu'acquièrent tous les jours les personnes qu'elles emploient, les mettent à même de reconnaître et de constater les changements et les améliorations qu'il convient d'apporter à telle ou telle partie de l'exploitation. L'administration, qui contrôlera leurs actes, qui recevra leurs propositions, les approuvera ou les modifiera, suivant les conseils et les lumières des personnes qui seront instituées près d'elle pour l'éclairer sur ces matières difficiles.

On comprend de suite les conséquences de ce système.

Il assure dans une juste mesure aux compagnies exploitantes la liberté d'action qu'il est indispensable de leur laisser, si on veut que leur responsabilité soit sérieuse et réelle.

Il ouvre accès aux idées nouvelles, aux progrès de toute nature que les hommes immédiatement préposés à la pratique des chemins de fer sont plus à même que tous autres de concevoir et de réaliser.

Enfin, il réserve à l'administration publique la part d'autorité qui doit lui appartenir, et qu'elle peut ainsi, éclairée par les doubles conseils de la théorie et de la pratique, exercer plus utilement dans l'intérêt public.

Après avoir posé les principes généraux qui ont présidé à la rédaction du règlement, je dois entrer dans quelques détails sur chacune des parties dont il se compose.

Il se divise naturellement en autant de titres qu'il y a d'objets différents sur lesquels doit porter la surveillance de l'autorité.

Le premier concerne la voie et ses abords ;

Le second, le matériel employé à l'exploitation ;

Le troisième indique les conditions relatives à la formation des trains ;

Le quatrième concerne le départ, la circulation et l'arrivée des convois ;

crira immédiatement, aux termes de l'article 3, les mesures auxquelles la compagnie sera tenue de se conformer.

Si le profil d'un chemin de fer pouvait être disposé de manière qu'à la rencontre de toutes les voies de communication le chemin passât, soit au-dessous, soit au-dessus de ces voies, l'article 4 du règlement deviendrait inutile; mais cette condition ne saurait être obtenue sans occasionner d'immenses dépenses, et sur beaucoup de points il faut admettre que le chemin de fer traversera à niveau les voies publiques ; mais alors des barrières doivent être établies pour garantir la sûreté publique; la loi sur la police des chemins de fer a posé le principe de cette obligation ; le ministre des travaux publics sera chargé de régler pour chaque cas le mode, la garde et les conditions de service des barrières.

Les remblais élevés, les viaducs qui servent au passage des rivières ou de vallées profondes, pourraient donner lieu à de graves accidents, si une sortie de la voie avait lieu au moment où les trains les parcourent; il en serait de même à l'égard des parties de chemins situées le long d'une rivière ou d'un précipice. Pour prévenir ces accidents, il pourra être ultérieurement reconnu indispensable de les munir de contre-rails. Je ne dois pas, toutefois, laisser ignorer à Votre Majesté que les esprits sont très-partagés sur les avantages de cette mesure : il est même des personnes qui regardent les contre-rails comme une cause de danger. Aussi Votre Majesté voudra bien remarquer que la prescription de l'article 5 n'est pas absolue, et qu'elle est subordonnée à une condition dont le jugement est remis à l'expérience.

Je ne m'arrête pas à l'article 6, qui prescrit l'éclairage des stations et de leurs abords, ainsi que des passages à niveau où cette mesure de précaution serait jugée nécessaire : tout développement à cet égard me paraît superflu.

Le matériel d'exploitation, on doit le comprendre aisément, n'exige pas une surveillance moins attentive et moins assidue que la voie du chemin de fer.

En premier lieu, les machines locomotives, en ce qui touche leur appareil moteur et les réservoirs dans lesquels la vapeur se forme et s'accumule, doivent être, comme tous les appareils à vapeur, soumis à certaines

céréales, peuvent y mettre le feu, comme on en a déjà vu plusieurs exemples; en même temps, à raison du grand courant d'air qui, par suite de la rapidité même du mouvement, s'établit du foyer vers la cheminée, un grand nombre de particules embrasées sont emportées en dehors du tuyau, et plusieurs fois déjà ces flammèches ont occasionné des incendies.

Pour arrêter les fragments de coke sortant de la grille, le seul moyen connu jusqu'ici est l'emploi d'un cendrier; mais le cendrier lui-même a quelques inconvénients, et, dans l'espérance qu'il sera possible de trouver un moyen plus sûr, il convient de se borner à prescrire l'application d'un appareil quelconque propre à atteindre le même but.

Quant aux flammèches qui s'échappent par la cheminée, l'on connaît et l'on applique divers moyens pour en empêcher la sortie, mais aucun d'eux n'a paru jusqu'ici complétement satisfaisant; j'ai dû me borner, dès lors, à prescrire l'emploi d'un appareil propre à remplir la destination ci-dessus indiquée.

Le titre III, relatif à la composition des convois, contient plusieurs dispositions d'une haute importance.

Il est évident que, les chemins de fer devenant en quelque sorte pour les localités qu'ils traversent une voie unique de communication, par la suppression presque immédiate de tout moyen de transport sur les anciennes voies parallèles, il est indispensable de poser la règle générale que tout convoi ordinaire doit contenir un nombre suffisant de voitures de toute classe. Le public, prévenu des heures de départ, doit trouver à ces mêmes heures, et à son désir, des moyens certains de transport. Cette obligation imposée aux compagnies ne peut être contestée; elle doit être la loi commune des chemins de fer : aussi nous l'avons inscrite en tête du titre III. Mais, d'un autre côté, on conçoit aussi que, dans l'intérêt même du public, cette obligation peut ne pas s'étendre à certains convois, par exemple, aux convois qu'on appelle convois directs, qui ne s'arrêtent pas aux stations intermédiaires, ou qui ne s'arrêtent qu'à un très-petit nombre de ces stations, et qui sont généralement animés d'une vitesse qui n'est pas encore nécessaire à toutes les classes de la société. Il suffit, d'ailleurs,

plus qu'indépendamment du règlement qui érige certains faits en contraventions et qui les frappe de pénalités, même en dehors de toutes conséquences fâcheuses, la loi sur la police des chemins de fer s'applique, en cas d'accident, à tout fait d'exploitation qui peut constituer une imprudence, et qu'elle fait ainsi de la responsabilité de la compagnie le correctif de la liberté que le règlement a dû lui laisser.

Quelques personnes auraient désiré que l'interdiction de la double locomotive fût positive et absolue. Nous n'avons pas pensé qu'il nous fût possible de déférer à ce vœu sans apporter un grand trouble dans l'exploitation des chemins de fer, surtout de ceux qui avoisinent les grandes villes. Il est certains cas d'affluence extraordinaire où, pour transporter tout le public qui se présente, il faudrait multiplier les convois d'une manière dangereuse, si on n'attelait pas une seconde locomotive. Dans d'autres circonstances, telles que le verglas, la pluie, le vent, la montée d'une rampe rapide, etc., le secours d'une seconde locomotive peut devenir indispensable; bien plus, dans ces divers cas, l'addition de la seconde locomotive peut devenir une garantie pour la sûreté publique; une seule, en effet, ne pourrait imprimer à la marche des convois la célérité qu'exige la régularité du service, et cette régularité est la condition la plus essentielle de la sécurité. Il convient d'ailleurs qu'il ne soit pas fait abus de la faculté d'exception créée par le règlement, et pour maintenir à cet égard les compagnies dans les limites que l'administration a entendu poser, je propose de décider que, dans tous les cas où la seconde locomotive sera employée, la compagnie sera tenue de mentionner sur un registre le motif de la mesure, la station où elle aura été jugée nécessaire, et l'heure de départ à laquelle le train aura quitté cette station.

L'article 21 interdit de faire circuler avec les voyageurs les matières pouvant donner lieu à des explosions ou à des incendies. Cette disposition, indispensable même sur les routes ordinaires, l'est bien davantage encore sur un chemin de fer où se trouvent réunis à la fois, dans certaines circonstances, plusieurs centaines de voyageurs, et où la rapidité de la marche peut développer avec une effrayante activité des incendies qui ailleurs seraient plus faciles à éteindre.

restent toujours placés à une certaine distance les uns des autres, jamais ils ne pourront se rencontrer, et dès lors on n'aura pas à redouter les accidents que nous avons eu déjà plus d'une fois à déplorer. C'est à réaliser ces conditions que tend l'ensemble des mesures comprises au titre IV.

L'article 25 donne au ministre le pouvoir de régler, sur la proposition de la compagnie, le sens du mouvement des trains et des machines isolées sur chaque voie. Mais comme il peut arriver qu'un chemin de fer n'ait pas assez d'importance pour qu'on l'établisse à deux voies, dans ce cas l'administration déterminera les points où les convois venant dans des directions différentes devront respectivement s'attendre.

Un règlement de service déterminera les heures de départ de chaque station, et jamais un convoi ne devra partir d'une station avant l'heure déterminée par le règlement. Il ne devra jamais également partir d'une station avant qu'il se soit écoulé, depuis le départ ou le passage du convoi précédent, le laps de temps qui aura été fixé par le ministre, sur la proposition de la compagnie. Des signaux seront placés à l'entrée de chaque station pour indiquer aux mécaniciens des trains qui pourraient survenir si le laps de temps déterminé pour permettre l'accès de la gare est déjà écoulé. Enfin, dans l'intervalle d'une station à une station voisine, les trains devront toujours se tenir à une certaine distance les uns des autres, et des signaux seront établis sur divers points de la ligne pour avertir le mécanicien et assurer l'observation de cette distance. Il est facile de concevoir que, si aucune infraction n'est commise à ces règles de précaution, qui font l'objet de l'article 27, et si l'on y ajoute la disposition insérée à l'article 28, et qui, sauf le cas de force majeure et de réparations de la voie, ne permet l'accès des trains qu'aux gares ou lieux de stationnement autorisés, on aura donné à la circulation sur les chemins de fer les garanties les plus essentielles.

Les chemins de fer peuvent présenter sur leurs parcours des plans inclinés. Au lieu d'offrir une voie à ciel ouvert, ils peuvent franchir les montagnes par des tracés souterrains. Des mesures spéciales de précaution sont nécessaires sur ces points. L'article 29 donne au ministre des

sans danger, puisqu'ils peuvent facilement être annoncés sur toute la ligne par le convoi ordinaire qui les précède. Je pense donc qu'il y a lieu de ne pas proscrire un usage adopté sur les chemins de fer de tous les pays. Mais, pour que les compagnies n'abusent pas de la faculté qui leur serait laissée, il leur est prescrit de rendre compte immédiatement au commissaire spécial de police du motif de l'expédition du convoi extraordinaire. Si ce motif est insuffisant ou mal fondé, le ministre interviendra pour restreindre à l'avenir, dans de plus étroites limites, la faculté d'expédier un convoi extraordinaire.

Les articles 31 à 36 déterminent les conditions à remplir pour la transmission des signaux relatifs à la marche des trains, soit de jour, soit de nuit, soit enfin dans le cas de réparation de l'une des voies : ils s'expliquent par leur simple énoncé, et je ne m'y arrêterai pas.

J'ai dit, en parlant du titre Ier, que les croisements et changements de voie devaient être l'objet d'une surveillance assidue : cette surveillance doit être plus sérieuse encore lorsque ces croisements seront à la jonction de deux lignes. Dans ce cas, il faut, pour éviter toute chance d'accident, qu'à une certaine distance du croisement, le mécanicien ralentisse la marche de la machine et se mette en mesure de l'arrêter complétement, si les circonstances l'exigeaient (art. 37).

Le troisième paragraphe du même article 37 a pour but de prévenir le retour d'une nature d'accidents dont on pourrait citer divers exemples. Il est arrivé quelquefois que des mécaniciens inhabiles ou négligents, à l'entrée des stations, n'arrêtent pas assez tôt les machines qu'ils conduisent ; ces machines sont alors dirigées violemment contre les heurtoirs qui terminent le débarcadère, et ces chocs peuvent occasionner des blessures graves. Ces événements ne sont plus à craindre du moment que la machine est complétement arrêtée avant le point où les voyageurs doivent descendre, et je dois ajouter que cette règle s'observe aujourd'hui sur les chemins de fer bien exploités.

Je n'insisterai pas sur les dispositions des articles 38 à 41. Ces dispositions sont déjà mises à exécution sur la plupart des chemins de fer en exploitation, et l'on peut les considérer comme consacrées par la pratique.

les modifications qu'elle jugerait nécessaires à la sûreté de la circulation et aux besoins du public.

Le titre V a pour objet les mesures relatives à la perception des taxes : ces mesures touchent aux questions les plus délicates parmi celles que soulève l'exploitation des chemins de fer par les compagnies.

Les cahiers de charges des concessions ne peuvent et ne doivent fixer que des prix élémentaires, des prix limites ; les compagnies peuvent abaisser au-dessous des maximums autorisés les taxes qu'elles demandent au public ; elles établissent, d'après les bases ainsi réglées, le prix total à percevoir pour le transport des voyageurs, des bestiaux ou marchandises, soit sur la distance totale, soit sur les parcours intermédiaires.

Mais, en principe, aucune taxe, de quelque nature qu'elle soit, ne peut être perçue qu'en vertu d'un acte de l'autorité supérieure : il est donc nécessaire, en premier lieu, qu'avant de commencer leur service d'exploitation, les compagnies fassent approuver par l'administration les tableaux des prix qu'elles entendent percevoir. Cette formalité est d'ailleurs indispensable, attendu que, d'après les cahiers des charges, les abaissements des prix consentis par les compagnies doivent être maintenus pendant un certain temps, et qu'un acte de l'autorité peut seul fixer le moment à dater duquel ce délai devra courir.

Votre Majesté remarquera toutefois que le second paragraphe de l'article 44 contient une exception pour les chemins de fer dont les concessions sont antérieures à 1835 : pour ces chemins, les cahiers de charges ne tracent aucune règle pour l'application des taxes ; quelques-uns même ne renferment point de tarif pour le transport des personnes ; il y a donc lieu de les compléter et de régulariser les taxes actuellement perçues. Un délai est accordé à cet effet jusqu'au 1er avril 1847.

En second lieu, il n'a pas été possible d'énoncer dans le tarif légal tous les objets auxquels les taxes doivent s'appliquer, ni de régler de suite les taxes accessoires qui peuvent être dues à la compagnie pour les services rendus au public en dehors du transport proprement dit. Ces diverses taxes doivent être arrêtées, au fur et à mesure que le besoin s'en fait sentir, par l'administration supérieure, la compagnie entendue. Les articles 45 à 49

inclusivement rappellent les dispositions auxquelles les compagnies devront être tenues de se conformer, dans leur intérêt même. Le public, en effet, est toujours disposé à réclamer contre les prix qu'on lui demande, lorsqu'il n'est pas convaincu qu'on a le droit de les lui demander : toute réclamation tombera d'elle-même lorsque la compagnie pourra justifier d'une décision régulière de l'autorité.

L'article 50 prescrit les mesures d'ordre nécessaires pour assurer aux expéditeurs l'égalité dans l'application des tarifs. Cette égalité est une des principales prescriptions des cahiers de charges. Les chemins de fer sont des voies de monopole ; avec eux, toute concurrence est généralement impossible, et dès lors l'égalité dans l'application des tarifs est la plus indispensable des obligations des compagnies qui les exploitent. Sans cette égalité, plus de sûreté pour le commerce et pour l'industrie, plus de certitude dans les transactions. L'administration publique doit donc veiller, autant qu'il est en elle, à la fidèle observation de la règle ci-dessus, et les mesures indiquées à l'article 50 garantissent, à cet égard, toute sécurité.

Le titre VI a pour but principal de définir les divers ordres d'agents par l'intermédiaire desquels l'administration publique doit exercer sa surveillance sur l'exploitation des chemins de fer.

La définition des attributions conférées aux ingénieurs des ponts-et-chaussées, aux ingénieurs des mines et aux commissaires spéciaux de police, ne peut donner lieu à aucune objection, et je ne m'y arrêterai pas. Je n'aurai donc à entrer dans quelques développements qu'à l'égard des attributions conférées par le projet aux commissaires royaux.

Je ferai remarquer d'abord que l'institution de ces commissaires est aujourd'hui prescrite par tous les cahiers de charges des chemins de fer récemment concédés ; il ne peut donc s'élever aucun débat sur le principe même de cette institution, et je n'ai à examiner ici que la question des attributions qui peuvent leur être données.

Il m'a paru que les commissaires royaux devaient avoir pour mission spéciale de contrôler l'exploitation commerciale et industrielle des chemins de fer, de surveiller le mode suivant lequel les compagnies appliquent les ta-

rifs qu'elles sont autorisées à percevoir, et d'éclairer l'administration sur toutes les infractions au principe de l'égalité des taxes.

Placés constamment auprès des compagnies, les commissaires royaux entendront les plaintes du public sur les procédés de ces compagnies et en instruiront l'administration supérieure; ils constateront le mouvement journalier de la circulation, et recueilleront ainsi des éléments très-utiles d'appréciation sur l'organisation du service des compagnies.

Enfin, dans tous les cas où l'État sera lié par quelque traité ayant pour objet d'accorder le concours financier de l'État, ils seront chargés de surveiller la gestion de la compagnie, et alors, dans chaque cas particulier, un règlement spécial viendra définir leurs attributions.

L'article 60 a pour objet d'assurer l'exécution d'une clause des cahiers des charges d'après laquelle les règlements de service intérieur que font les compagnies doivent être approuvés par le ministre des travaux publics.

Après avoir défini les obligations que doivent remplir les compagnies, il fallait déterminer avec le même soin les conditions auxquelles doivent se soumettre, soit les voyageurs, soit toutes autres personnes étrangères au service du chemin de fer : ces conditions font l'objet du titre VII du règlement, et je crois que, pour le moment, elles satisfont à toutes les nécessités que l'expérience a révélées jusqu'ici. Leur texte seul en explique d'ailleurs le but et la portée, et il me paraît inutile d'entrer, à leur égard, dans de plus longs développements.

Le titre VIII contient des dispositions diverses qui, par leur spécialité ou leur généralité, ne pouvaient trouver place dans aucun des titres dont je viens d'expliquer les différents articles.

La plupart de ces dispositions n'ont ici besoin d'aucun commentaire, et, quant aux autres, de courtes explications suffiront pour en faire apprécier le but.

Votre Majesté a pu remarquer que, parmi les mesures de sûreté prescrites par le présent règlement, il en est un assez grand nombre qui ne seront définitivement arrêtées par le ministre qu'après que les compagnies auront été entendues. L'on comprend que, si les compagnies tardaient à soumettre leurs propositions à l'administration,

En vertu du même article, les cantonniers, gardes-barrières et surveillants pourront être armés d'un sabre.

L'article 74 exige des mécaniciens conducteurs de trains la justification de certaines conditions de capacité. Il n'est pas besoin, sans doute, d'insister longuement sur l'utilité de cette clause : un mécanicien tient dans ses mains la vie de plusieurs centaines de personnes ; ne doit-on pas dès lors soumettre à des garanties préalables le choix d'hommes sur lesquels pèse une si grave responsabilité ?

Le règlement, au surplus, ne demande pour les conducducteurs de locomotives autre chose que ce qui a été jugé nécessaire pour les mécaniciens placés à bord des bateaux à vapeur ; la position des uns et des autres a, sinon une entière similitude, au moins une très-grande analogie.

Enfin, l'article 75 oblige les compagnies à entretenir, à certaines stations, les médicaments et wagons de secours nécessaires en cas d'accidents. Déjà cette mesure est appliquée sur certains chemins de fer : elle a rendu de grands services. L'on conçoit, en effet, combien il est utile de pouvoir donner, en cas d'accident, de prompts secours aux blessés, et c'est ce qui serait impossible si l'on n'avait pas sous la main, et dans des lieux assez voisins du théâtre de l'accident, les moyens de porter les premiers secours.

J'ai parcouru, Sire, dans ce rapport, la série des nombreuses dispositions qu'il m'a paru nécessaire de rendre obligatoires dans le service d'exploitation des chemins de fer. L'expérience et l'observation nous fourniront, sans aucun doute, des enseignements et des lumières qui nous permettront plus tard de rectifier et de compléter ces dispositions. J'ai la confiance que, telles que je propose à Votre Majesté de les approuver, elles pourront prévenir, si elles sont exactement observées, le retour des tristes accidents que, malheureusement, nous avons eu plus d'une fois à déplorer.

J'ai l'honneur d'être, avec le plus profond respect, Sire,

De Votre Majesté,

Le très-humble, très-obéissant et très-fidèle serviteur.

Le ministre secrétaire d'État des travaux publics,

S. DUMON.

gardiens sera fixé par le ministre des travaux publics, la compagnie entendue.

Art. 4. Partout où un chemin de fer est traversé à niveau, soit par une route à voitures, soit par un chemin destiné au passage des piétons, il sera établi des barrières.

Le mode, la garde et les conditions de service des barrières seront réglés par le ministre des travaux publics, sur la proposition de la compagnie.

Art. 5. Si l'établissement de contre-rails est jugé nécessaire dans l'intérêt de la sûreté publique, la compagnie sera tenue d'en placer sur les points qui seront désignés par le ministre des travaux publics.

Art. 6. Aussitôt après le coucher du soleil et jusqu'après le passage du dernier train, les stations et leurs abords devront être éclairés.

Il en sera de même des passages à niveau pour lesquels l'administration jugera cette mesure nécessaire.

TITRE II.

DU MATÉRIEL EMPLOYÉ A L'EXPLOITATION.

Art. 7. Les machines locomotives ne pourront être mises en service qu'en vertu de l'autorisation de l'administration, et après avoir été soumises à toutes les épreuves prescrites par les règlements en vigueur.

Lorsque, par suite de détérioration ou pour toute autre cause, l'interdiction d'une machine aura été prononcée, cette machine ne pourra être remise en service qu'en vertu d'une nouvelle autorisation.

Art. 8. Les essieux des locomotives, des tenders et des voitures de toute espèce, entrant dans la composition des convois de voyageurs et de marchandises allant à grande vitesse, devront être en fer martelé de premier choix.

Art. 9. Il sera tenu des états de service pour toutes les locomotives. Ces états seront inscrits sur des registres qui devront être constamment à jour, et indiquer, à l'article de chaque machine, la date de sa mise en service, le travail qu'elle a accompli, les réparations ou modifications qu'elle a reçues, et le renouvellement de ses diverses pièces.

Il sera tenu en outre, pour les essieux de locomotives, tenders et voitures de toute espèce, des registres spéciaux sur lesquels, à côté du numéro d'ordre de chaque essieu, seront inscrits sa provenance, la date de sa mise en service, l'épreuve qu'il peut avoir subie, son travail, ses accidents et ses réparations; à cet effet, le numéro d'ordre sera poinçonné sur chaque essieu.

Les registres mentionnés aux deux paragraphes ci-dessus seront représentés, à toute réquisition, aux ingénieurs et agents chargés de la surveillance du matériel et de l'exploitation.

Art. 10. Il est interdit de placer dans un convoi comprenant des voitures de voyageurs aucune locomotive, tender ou autre voiture d'une nature quelconque, montés sur des roues en fonte.

Toutefois, le ministre des travaux publics pourra, par exception, autoriser l'emploi de roues en fonte, cerclées en fer, dans les trains mixtes de voyageurs et de marchandises, et marchant à la vitesse d'au plus 25 kilomètres à l'heure.

Art. 11. Les locomotives devront être pourvues d'appareils ayant pour objet d'arrêter les fragments de coke tombant de la grille et d'empêcher la sortie des flammèches par la cheminée.

Art. 12. Les voitures destinées au transport des voyageurs seront d'une construction solide; elles devront être commodes et pourvues de ce qui est nécessaire à la sûreté des voyageurs.

Les dimensions de la place affectée à chaque voyageur devront être d'au moins 45 centimètres en largeur, 65 centimètres en profondeur et 1 mètre 45 centimètres en hauteur; cette disposition sera appliquée aux chemins de fer existants, dans un délai qui sera fixé pour chaque chemin par le ministre des travaux publics.

Art. 13. Aucune voiture pour les voyageurs ne sera mise en service sans une autorisation du préfet, donnée sur le rapport d'une commission, constatant que la voiture satisfait aux conditions de l'article précédent.

L'autorisation de mise en service n'aura d'effet qu'après que l'estampille prescrite pour les voitures publiques par l'article 117 de la loi du 25 mars 1817 aura été délivrée par le directeur des contributions indirectes.

Art. 14. Toute voiture de voyageurs portera dans l'intérieur l'indication apparente du nombre des places.

Art. 15. Les locomotives, tenders et voitures de toute espèce devront porter : 1° le nom ou les initiales du nom du chemin de fer auquel ils appartiennent ; 2° un numéro d'ordre. Les voitures de voyageur porteront, en outre, l'estampille délivrée par l'administration des contributions indirectes. Ces diverses indications seront placées d'une manière apparente sur la caisse ou sur les côtés des châssis.

Art. 16. Les machines locomotives, tenders et voitures de toute espèce, et tout le matériel d'exploitation, seront constamment maintenus dans un bon état d'entretien.

La compagnie devra faire connaître au ministre des travaux publics les mesures adoptées par elle à cet égard, et, en cas d'insuffisance, le ministre, après avoir entendu les observations de la compagnie, prescrira les dispositions qu'il jugera nécessaires à la sûreté de la circulation.

TITRE III.

DE LA COMPOSITION DES CONVOIS.

Art. 17. Tout convoi ordinaire de voyageurs devra contenir, en nombre suffisant, des voitures de chaque classe, à moins d'une autorisation spéciale du ministre des travaux publics.

Art. 18. Chaque train de voyageurs devra être accompagné :

1° D'un mécanicien et d'un chauffeur par machine : le chauffeur devra être capable d'arrêter la machine, en cas de besoin ;

2° Du nombre de conducteurs gardes-freins qui sera déterminé pour chaque chemin, suivant les pentes et suivant le nombre de voitures, par le ministre des travaux publics, sur la proposition de la compagnie.

Sur la dernière voiture de chaque convoi ou sur l'une des voitures placées à l'arrière, il y aura toujours un frein, et un conducteur chargé de le manœuvrer.

Lorsqu'il y aura plusieurs conducteurs dans un convoi, l'un d'entre eux devra toujours avoir autorité sur les autres.

Un train de voyageurs ne pourra se composer de plus de vingt-quatre voitures à quatre roues. S'il entre des voitures à six roues dans la composition du convoi, le maximum du nombre de voitures sera déterminé par le ministre.

Les dispositions des paragraphes précédents sont applicables aux trains mixtes de voyageurs et de marchandises marchant à la vitesse des voyageurs.

Quant aux convois de marchandises qui transportent en même temps des voyageurs et des marchandises, et qui ne marchent pas à la vitesse ordinaire des voyageurs, les mesures spéciales et les conditions de sûreté auxquelles ils devront être assujettis seront déterminées par le ministre, sur la proposition de la compagnie.

Art. 19. Les locomotives devront être en tête des trains.

Il ne pourra être dérogé à cette disposition que pour les manœuvres à exécuter dans le voisinage des stations ou pour le cas de secours. Dans ces cas spéciaux, la vitesse ne devra pas dépasser 25 kilomètres par heure.

Art. 20. Les convois de voyageurs ne pourront être remorqués que par une seule locomotive, sauf les cas où l'emploi d'une machine de renfort deviendrait nécessaire, soit pour la montée d'une rampe de forte inclinaison, soit par suite d'une affluence extraordinaire de voyageurs, de l'état de l'atmosphère, d'un accident ou d'un retard exigeant l'emploi de secours, ou de tout autre cas analogue ou spécial préalablement déterminé par le ministre des travaux publics.

Il est, dans tous les cas, interdit d'atteler simultanément plus de deux locomotives à un convoi de voyageurs.

La machine placée en tête devra régler la marche du train.

Il devra toujours y avoir en tête de chaque train, entre le tender et la première voiture de voyageurs, autant de voitures ne portant pas de voyageurs qu'il y aura de locomotives attelées.

Dans tous les cas où il sera attelé plus d'une locomotive à un train, mention en sera faite sur un registre à ce destiné, avec indication du motif de la mesure, de la station où elle aura été jugée nécessaire, et de l'heure à laquelle le train aura quitté cette station.

Art. 48. Les tableaux des taxes et des frais accessoires seront constamment affichés dans les lieux les plus apparents des gares et stations des chemins de fer.

Art. 49. Lorsque la compagnie voudra apporter quelques changements aux prix autorisés, elle en donnera avis au ministre des travaux publics, aux préfets des départements traversés et aux commissaires royaux.

Le public sera en même temps informé par des affiches des changements soumis à l'approbation du ministre.

A l'expiration du mois à partir de la date de l'affiche, lesdites taxes pourront être perçues, si, dans cet intervalle, le ministre des travaux publics les a homologuées.

Si des modifications à quelques-uns des prix affichés étaient prescrites par le ministre, les prix modifiés devront être affichés de nouveau, et ne pourront être mis en perception qu'un mois après la date de ces affiches.

Art. 50. La compagnie sera tenue d'effectuer avec soin, exactitude et célérité, et sans tour de faveur, les transports des marchandises, bestiaux et objets de toute nature qui lui seront confiés.

Au fur et à mesure que des colis, des bestiaux ou des objets quelconques arriveront au chemin de fer, enregistrement en sera fait immédiatement, avec mention du prix total dû pour le transport. Le transport s'effectuera dans l'ordre des inscriptions, à moins de délais demandés ou consentis par l'expéditeur, et qui seront mentionnés dans l'enregistrement.

Un récépissé devra être délivré à l'expéditeur, s'il le demande, sans préjudice, s'il y a lieu, de la lettre de voiture. Le récépissé énoncera la nature et le poids des colis, le prix total du transport et le délai dans lequel ce transport devra être effectué.

Les registres mentionnés au présent article seront représentés à toute réquisition des fonctionnaires et agents chargés de veiller à l'exécution du présent règlement.

TITRE VI.

DE LA SURVEILLANCE DE L'EXPLOITATION.

Art. 51. La surveillance de l'exploitation des chemins de fer s'exercera concurremment;

Par les commissaires royaux;

Par les ingénieurs des ponts-et-chaussées, les ingénieurs des mines, et par les conducteurs, les gardes-mines et autres agents sous leurs ordres;

Par les commissaires spéciaux de police et les agents sous leurs ordres.

Art. 52. Les commissaires royaux seront chargés:

De surveiller le mode d'application des tarifs approuvés et l'exécution des mesures prescrites pour la réception et l'enregistrement des colis, leur transport et leur remise aux destinataires;

De veiller à l'exécution des mesures approuvées ou prescrites pour que le service des transports ne soit pas interrompu aux points extrêmes de lignes en communication l'une avec l'autre;

De vérifier les conditions des traités qui seraient passés par les compagnies avec les entreprises de transport par terre ou par eau en correspondance avec les chemins de fer, et de signaler toutes les infractions au principe de l'égalité des taxes;

De constater le mouvement de la circulation des voyageurs et des marchandises sur les chemins de fer, les dépenses d'entretien et d'exploitation, et les recettes.

Art. 53. Pour l'exécution de l'article ci-dessus, les compagnies seront tenues de représenter, à toute réquisition, aux commissaires royaux leurs registres de dépenses et de recettes, et les registres mentionnés à l'article 50 ci-dessus.

Art. 54. A l'égard des chemins de fer pour lesquels les compagnies auraient obtenu de l'Etat soit un prêt avec intérêt privilégié, soit la garantie d'un minimum d'intérêt, ou pour lesquels l'Etat devrait entrer en partage des produits nets, les commissaires royaux exerceront toutes les autres attributions qui seront déterminées par les règlements spéciaux à intervenir dans chaque cas particulier.

Art. 55. Les ingénieurs, les conducteurs et autres agents du service des ponts-et-chaussées seront spécialement chargés de surveiller l'état de la voie de fer, des terrassements et des ouvrages d'art et des clôtures.

Art. 56. Les ingénieurs des mines, les gardes-mines et autres agents du service des mines seront spécialement chargés de surveiller l'état des machines fixes et loco-

son admission sur les quais d'embarquement, faire constater que son arme n'est point chargée.

Art. 66. Les personnes qui voudront expédier des marchandises de la nature de celles qui sont mentionnées à l'article 21 devront les déclarer au moment où elles les apporteront dans les stations du chemin de fer.

Des mesures spéciales de précaution seront prescrites, s'il y a lieu, pour le transport desdites marchandises, la compagnie entendue.

Art. 67. Aucun chien ne sera admis dans les voitures servant au transport des voyageurs; toutefois, la compagnie pourra placer dans des caisses de voitures spéciales les voyageurs qui ne voudraient pas se séparer de leurs chiens, pourvu que ces animaux soient muselés, en quelque saison que ce soit.

Art. 68. Les cantonniers, gardes-barrières et autres agents du chemin de fer devront faire sortir immédiatement toute personne qui se serait introduite dans l'enceinte du chemin, ou dans quelque portion que ce soit de ses dépendances où elles n'auraient pas le droit d'entrer.

En cas de résistance de la part des contrevenants, tout employé du chemin de fer pourra requérir l'assistance des agents de l'administration et de la force publique.

Les chevaux ou bestiaux abandonnés, qui seront trouvés dans l'enceinte du chemin de fer, seront saisis et mis en fourrière.

TITRE VIII.

DISPOSITIONS DIVERSES.

Art. 69. Dans tous les cas où, conformément aux dispositions du présent règlement, le ministre des travaux publics devra statuer sur la proposition d'une compagnie, la compagnie sera tenue de lui soumettre cette proposition dans le délai qu'il aura déterminé, faute de quoi le ministre pourra statuer directement.

Si le ministre pense qu'il y a lieu de modifier la proposition de la compagnie, il devra, sauf le cas d'urgence, entendre la compagnie avant de prescrire les modifications.

Le conducteur principal d'un train en marche devra également être muni d'un exemplaire du règlement.

Des extraits devront être délivrés, chacun pour ce qui le concerne, aux mécaniciens, chauffeurs, gardes-freins, cantonniers, gardes-barrières et autres agents employés sur le chemin de fer.

Des extraits, en ce qui concerne les règles à observer par les voyageurs pendant le trajet, devront être placés dans chaque caisse de voiture.

Art. 79. Seront constatées, poursuivies et réprimées, conformément au titre III de la loi du 15 juillet 1845, sur la police des chemins de fer, les contraventions au présent règlement, aux décisions rendues par le ministre des travaux publics, et aux arrêtés pris, sous son approbation, par les préfets, pour l'exécution dudit règlement.

Art. 80. Notre ministre secrétaire d'État des travaux publics est chargé de l'exécution de la présente ordonnance, qui sera insérée au Bulletin des lois.

Fait au palais de Saint-Cloud, le quinze novembre mil huit cent quarante-six.

Signé LOUIS-PHILIPPE.

Par le Roi :

Le Ministre Secrétaire d'État des travaux publics,

S. DUMON.

Ordonnance du 3 décembre 1846, portant approbation d'un arrêté de conflit pris par le préfet du Haut-Rhin dans une instance relative à l'occupation de terrains nécessaires à l'exploitation des mines de GIROMAGNY.

Mines de Giromagny. Conflit d'attributions.

LOUIS-PHILIPPE, etc.;

Sur le rapport du comité de législation,

Vu l'arrêté de conflit pris, le 26 août 1846, par le préfet du département du Haut-Rhin, dans une instance pendante devant le tribunal civil de Belfort, entre les sieurs François Sarrazin, propriétaire, Féréol Demeusy, propriétaire, et François Desgrandchamps, journalier, appelants d'un jugement rendu par le juge de paix du

Desgrandchamps, et celles de la société des mines de Giromagny;

Vu les conclusions de notre procureur près le tribunal de Belfort, en date du 16 juillet 1846;

Vu le jugement, en date du 12 août 1846, par lequel ledit tribunal a reçu l'intervention de la société des mines de Giromagny, leur a donné acte de ce qu'elle prenait le fait et cause des appelants et a mis ceux-ci hors de cause, et, statuant ensuite cumulativement sur le déclinatoire du préfet du Haut-Rhin et sur les conclusions préjudicielles de la société, a dit qu'il avait été compétemment jugé par le jugement du juge de paix de Giromagny, du 6 septembre 1845, et a sursis pour être plaidé au fond;

Vu le jugement, en date du 31 août 1846, par lequel le même tribunal, sur la communication qui lui a été donnée de l'arrêté de conflit susvisé, a déclaré qu'il serait sursis à toute procédure judiciaire;

Vu l'extrait du registre tenu au parquet de notre procureur près le tribunal de Belfort pour l'exécution de l'ordonnance royale du 1er juin 1828, ledit extrait constatant l'accomplissement des formalités prescrites par cette ordonnance;

Vu la lettre écrite, le 18 septembre 1846, par notre garde des sceaux au secrétaire général de notre conseil d'État, et de laquelle il résulte que les pièces du dossier sont parvenues à la chancellerie le même jour;

Vu la lettre adressée, le 28 octobre 1846, par notre ministre des travaux publics au président de notre conseil d'Etat;

Vu les autres pièces jointes au dossier;

Vu les lois des 16-24 août 1790, 16 fructidor an III et 21 avril 1810;

Vu notre ordonnance du 26 mars 1843, faisant concession au sieur Collard des mines de cuivre, plomb, argent et autres métaux, comprises dans les communes de Giromagny, le Puix, Auxelles-Haut et Auxelles-Bas (Haut-Rhin);

Vu les ordonnances royales des 1er juin 1828, 12 mars 1831 et 19 juin 1840, article 35;

Ouï Me Bonjean, avocat du sieur Collard;

Ouï M. Boulatignier, maître des requêtes, commissaire du roi;

Considérant que l'action portée par le sieur Fogle de-

vant l'autorité judiciaire a pour objet de faire ordonner l'enlèvement des matériaux et déblais déposés sur le terrain dudit sieur Fogle par les sieurs Sarrazin, Demeusy et Desgrandchamps, ouvriers de la société des mines de Giromagny, et le rétablissement des lieux dans leur ancien état, avec défense de troubler à l'avenir le demandeur dans sa possession;

Considérant que le concessionnaire des mines de Giromagny tenait, soit de notre ordonnance susvisée du 26 mars 1843, soit des actes administratifs intervenus en vertu de ladite ordonnance, le droit d'occuper, dans le périmètre de la concession et sous la surveillance de l'administration, les terrains nécessaires à l'exploitation de ladite concession;

Que l'autorité judiciaire n'était appelée qu'à régler, en exécution des articles 43 et 44 de la loi du 21 avril 1810, le prix des terrains dont l'acquisition aurait pu être exigée du concessionnaire, ou les indemnités auxquelles les propriétaires du sol pouvaient avoir droit par suite de travaux postérieurs à la concession;

Notre conseil d'Etat entendu,

Nous avons ordonné et ordonnons ce qui suit :

Art. 1er. L'arrêté de conflit pris par le préfet du département du Haut-Rhin, le 26 août 1846, est confirmé.

Art. 2. Sont considérés comme non avenus l'exploit introductif d'instance du 28 août 1845, le jugement du juge de paix du canton de Giromagny du 6 septembre 1845, l'acte d'appel du 1er octobre 1845, et le jugement du tribunal civil de Belfort du 12 août 1846.

Art. 3. Notre garde des sceaux, ministre secrétaire d'État de la justice et des cultes, et notre ministre secrétaire d'État des travaux publics, sont chargés, chacun en ce qui le concerne de l'exécution de la présente ordonnance.

Ordonnance du 7 *décembre* 1846, *portant que madame la comtesse* DE CHASTENAY-LENTY *est autorisée à maintenir en activité, sur le ruisseau de* LA DIGÈNE, *dans la commune d'*ESSAROIS (Côte-d'Or) : 1° *Un haut-fourneau roulant au charbon de bois pour la fusion du minerai de fer;* 2° *deux* Haut-fourneau, feux d'affinerie, etc., commune d'Essarois.

feux d'affinerie au charbon de bois ; 3° deux machines soufflantes et deux marteaux.

Saline de Saltzbronn.

Ordonnance du 10 *décembre* 1846, *portant que les sieurs* de Thon, Dorr et compagnie, *propriétaires de la saline de* Saltzbronn, *communes de* Sarralbe (Moselle), *et* Herbisheim (Bas-Rhin), *sont autorisés à établir dans cette saline vingt nouvelles poêles pour la fabrication du sel, l'une, d'une surface de* 10 *mètres carrés* 68 *centimètres, dans l'atelier n°* 4, *déjà existant, et les dix-neuf autres, d'une superficie totale de* 795 *mètres carrés* 71 *centimètres, dans un nouvel atelier n°* 5, *neuf de ces dernières poêles devant être chauffées par la vapeur des dix autres.*

En conséquence, la consistance de la saline de Saltzbronn est fixée à cinq ateliers, renfermant 54 poêles, offrant ensemble une superficie de 2.817 mètres carrés, 63 décimètres carrés.

Usine à fer, à Guines.

Ordonnance du 17 *décembre* 1846, *portant que les sieurs* Sherwood et compagnie *sont autorisés à établir, dans la commune de* Guines (Pas-de-Calais), *une usine pour la fabrication du fer, de la tôle et de l'acier, laquelle sera composée :*

De onze fours à puddler ;
De huit fours de chaufferie ;
D'un four de cémentation ;
Et des machines de compression et d'étirage nécessaires au roulement de l'usine, ainsi que de tous les accessoires qu'exigera la confection des produits, tels que scies pour couper les rails, cisailles, tours, etc., etc.

(Extrait.)

Art. 4. Ils (les permissionnaires) ne pourront faire

usage dans leur usine que de combustibles minéraux, excepté toutefois pour la fabrication de l'acier de cémentation.

Ordonnance du 17 *décembre* 1846, *portant que les sieurs* SHERWOOD et compagnie *sont autorisés à ajouter à l'usine à fer qu'ils possèdent dans la commune de* MARQUISE (Pas-de-Calais) : 1° *Deux hauts-fourneaux pour convertir le minerai de fer en fonte;* 2° *deux fours de finerie pour convertir la fonte en fin métal;* 3° *trois cubilots pour refondre la fonte;* 4° *six fours à calciner le minerai;* 5° *quarante fours à coke;* 6° *et les machines soufflantes nécessaires au roulement de l'usine.* Usine à fer de Marquise.

(Extrait.)

Art. 9. Ils (les permissionnaires) ne pourront faire usage dans leur établissement que de combustibles minéraux.

Ordonnance du 17 *décembre* 1846, *portant que le sieur* MERTIAN, *en sa qualité d'administrateur-gérant des forges de* MONTATAIRE (Oise), *est autorisé à conserver et maintenir en activité, indépendamment des fours spécifiés dans l'article* 2 *de l'ordonnance du* 23 *décembre* 1829, *les fours ci-après existant dans lesdites forges :* 1° *trois fours à puddler;* 2° *deux fours à grosse tôle;* 3° *cinq fours dormants pour la tôlerie;* 4° *deux fours dormants pour la ferblanterie.* Forges de Montataire.

Ordonnance du 17 *décembre* 1846, *portant que le sieur* RÉMY-LAMOTTE *est autorisé à établir une platinerie, composée d'un feu de chaufferie et d'un marteau, en remplacement du moulin et de la scierie qu'il a été autorisé, par ordonnance du* Platinerie, à Givonne.

23 mai 1841, *à construire au lieu dit* La Ramaurie, *commune de* Givonne (Ardennes).

(Extrait.)

Art. 4. Le permissionnaire répondra civilement des délits qui seraient commis dans les forêts du voisinage par les ouvriers qu'il y emploiera. Il se soumettra, pour l'exécution de ces dispositions, à la surveillance des agents et gardes forestiers locaux.

Art. 8. Il sera tenu d'avoir un compte ouvert à la douane de Charleville et de se soumettre à l'exercice des employés des douanes, sans que ceux-ci soient obligés de se faire assister d'un officier municipal.

Usines de Blagny.

Ordonnance du 17 *décembre* 1846, *portant que le sieur* Friquet-Garet *est autorisé à ajouter à l'usine à fer qu'il possède à* Blagny, *sur la rivière de* Chiers, *arrondissement de* Sedan (Ardennes): *deux feux d'affinerie au charbon de bois; trois fours dormants pour le chauffage des fers à étirer au laminoir; deux fours de chaufferie de platinerie et les machines de compression nécessaires au roulement de ces feux; enfin des moulins à grains, scieries, huileries et des métiers à clous et à pointes.*

Usine à fer de Givonne.

Ordonnance du 17 *décembre* 1846, *portant que le sieur* Lamotte-Pirotte *est autorisé à maintenir en activité l'usine à fer qu'il possède sur la rivière de* Givonne, *dans la commune de ce nom* (Ardennes).

La consistance de cette usine est et demeure fixée ainsi qu'il suit :

1° Un foyer d'affinerie au charbon de bois;
2° Un marteau de forge;
3° Deux fours à réverbère de chaufferie à la houille;

4° Et les machines de compression nécessaires au roulement de l'usine.

(Extrait.)

Art. 9. Il (le permissionnaire) sera tenu d'avoir un compte ouvert au bureau des douanes de Givonne, et se soumettra au libre exercice des employés des douanes dans son établissement, sans que ceux-ci soient obligés de se faire accompagner par un officier municipal.

Ordonnance du 17 *décembre* 1846, *portant que le sieur* GENDARME *est autorisé à maintenir en activité l'usine à fer de* LA FENDERIE *qu'il possède sur le ruisseau de* LA VRIGNE, *dans la commune de* VRIGNE-AUX-BOIS (Ardennes). Usine de la Fenderie, à Vrigne-aux-Bois.

Ladite usine reste composée :
De quatre fours à puddler ;
De cinq fours à réverbère de chaufferie ;
D'un marteau cingleur ;
De deux équipages de cylindres étireurs ;
De deux équipages de laminoirs, et d'un équipage de fenderie.

(Extrait.)

Art. 4. Le permissionnaire est tenu d'avoir un compte ouvert au bureau de la douane de Bosséval, et de se soumettre au libre exercice des préposés des douanes, sans que ceux-ci soient obligés de se faire assister d'un officier municipal.

Art. 5. Il ne pourra faire usage dans son établissement que de combustibles minéraux.

Ordonnance du 19 *décembre* 1846, *portant que les sieurs* MARTENOT frères, DECHANET, PALOTTE et compagnie *sont autorisés à établir, dans les bâtiments dépendant de l'ancienne manufacture de glaces* Usine à fer, à Commentry.

tout le temps que durera l'exploitation sous leurs propriétés.

Ces dispositions seront applicables nonobstant les stipulations contraires qui pourraient résulter de conventions antérieures entre les concessionnaires et les propriétaires de la surface.

*Cahier des charges de la concession des mines de fer d'*Ougney.

(Extrait.)

Art. 2. Les concessionnaires seront tenus de continuer les travaux souterrains de reconnaissance qu'ils ont commencés sur les territoires des communes d'Ougney et de Vitreux. A cet effet, une galerie sera dirigée à partir des travaux actuels vers l'Est, et sera continuée sur une longueur de cent mètres au moins. A cette distance, une galerie sera dirigée vers le Sud perpendiculairement à la première, et continuée jusqu'à ce qu'elle ait atteint au moins la même longueur.

Art. 22. En exécution de l'article 70 de la loi du 21 avril 1810, les concessionnaires fourniront aux usines de *Rans*, *Fraisans*, *Moulin-Rouge* et *Foucherans* (Jura), de *Drambon* (Côte-d'Or), et de *Torpes* (Doubs), qui s'approvisionnaient sur des gîtes compris dans la concession d'Ougney, la quantité de minérai qui sera nécessaire à l'alimentation de ces usines, au prix qui sera fixé par l'administration.

Art. 23. Lorsque l'approvisionnement des usines ci-dessus désignées aura été assuré, les concessionnaires seront tenus de fournir, autant que leurs exploitations le permettront, à la consommation des usines établies ou à établir dans le voisinage avec autorisation légale. Le prix des minerais sera alors fixé de gré à gré ou à dire d'experts, ainsi qu'il est indiqué en l'article 65 de la loi du 21 avril 1810, pour les exploitations de minières de fer.

Art. 24. En cas de contestation entre plusieurs maîtres de forges, relativement à leur approvisionnement en minerai, il sera statué par le préfet, conformément à l'article 64 de la même loi

Lavoir à bras du Grand-Étang, à Wagnon.

Ordonnance du 24 décembre 1846, portant que le sieur Barrachin *est autorisé à établir un lavoir à bras, pour la préparation du minerai de fer, au lieu dit le* Grand-Étang, *sur le ruisseau de* Plumion, *commune de* Wagnon (Ardennes).

(Extrait.)

Art. 8. La présente permission cessera d'avoir son effet à l'expiration des conventions passées en faveur du sieur Barrachin par les sieurs Cerveaux et Bouillard et par la dame veuve Gaillard, ou à l'expiration du renouvellement de ces conventions, à moins que le permissionnaire n'ait été autorisé à continuer d'occuper lesdits terrains, en vertu de l'article 80 de la loi du 21 avril 1810.

Lavoir à bras du Touret, à Wagnon.

Ordonnance du 24 décembre 1846, portant que le sieur Barrachin *est autorisé à établir un lavoir à bras, pour la préparation du minerai de fer, au lieu dit* Le Touret, *dans la commune de* Wagnon (Ardennes).

Conseil d'État. — Affaires à soumettre aux comités.

Ordonnance du 27 décembre 1846, relative aux affaires qui doivent être soumises à l'examen des comités du conseil d'État.

Louis-Philippe, roi des Français, etc.;

Sur le rapport de notre garde des sceaux, ministre secrétaire d'État au département de la justice et des cultes;

Vu l'article 13, § 4, de la loi du 19 juillet 1845, portant « qu'une ordonnance royale, délibérée en conseil » d'État, déterminera, parmi les projets d'ordonnances » qui doivent être délibérés dans la forme des règle- » ments d'administration publique, quels sont ceux » qui ne seront soumis qu'à l'examen des comités et qui » peuvent ne pas être portés à l'assemblée générale du » conseil d'État; »

Voulant pourvoir à l'exécution de cet article, et dé-

terminer en même temps d'une manière générale les affaires qui, pour la plus prompte expédition des travaux de notre conseil d'Etat, ne doivent être soumises qu'à l'examen des comités;

Notre conseil d'Etat entendu,

Nous avons ordonné et ordonnons ce qui suit :

Art. 1er. Ne seront point portés à l'assemblée générale de notre conseil d'État, et nous seront immédiatement soumis après avoir été délibérés dans les comités, les projets d'ordonnances qui ont pour objet :

1° D'autoriser l'établissement d'églises, de succursales, de chapelles, d'oratoires et de tous autres établissements consacrés au culte, lorsqu'il n'y aura aucune réclamation;

2° D'autoriser l'acceptation des dons ou legs faits à des établissements religieux, à des départements, communes, hôpitaux, hospices et à tous autres établissements publics, tenus de se pourvoir de ladite autorisation, dans le cas seulement où lesdits dons ou legs n'auront donné lieu à aucune réclamation, et ne dépasseront pas 50.000 fr.: tout projet d'ordonnance portant réduction ou refus d'autorisation sera soumis à l'assemblée générale;

3° D'autoriser les acquisitions, aliénations, concessions, échanges, baux à long terme et l'emploi de capitaux, par les mêmes établissements, lorsqu'il n'y aura aucune réclamation,

4° D'autoriser les transactions faites par lesdits établissements, lorsque les autorités, dont l'avis doit être pris aux termes des lois et règlements, auront donné leur adhésion au projet;

5° D'autoriser les emprunts faits par les mêmes établissements, quand le remboursement devra s'opérer à l'aide des revenus ordinaires et dans un délai de moins de dix années;

6° D'autoriser l'établissement de ponts suspendus et de passerelles, quand ils ne donneront lieu à aucune perception de péage ni à aucune expropriation pour cause d'utilité publique;

7° D'arrêter ou rectifier les alignements des routes royales ou départementales; d'arrêter les alignements, plans généraux des villes ou communes, les alignements partiels, ouvertures, élargissements, prolongements des

rues ou autres voies communales, lorsqu'ils ne seront l'objet d'aucune réclamation et ne donneront lieu à aucune expropriation pour cause d'utilité publique;

8° De créer ou de supprimer des caisses d'épargne, ou de modifier leurs statuts;

9° De créer ou de supprimer des foires, ou d'en changer les époques;

10° D'autoriser l'établissement ou de régler l'usage d'usines sur des cours d'eau;

11° D'autoriser des lavoirs à cheval ou à bras;

12° De liquider les pensions de retraite des fonctionnaires des services civils, sur les fonds de l'État ou sur les fonds de retenue, et les pensions de réforme et pensions de retraite des militaires de nos armées de terre et de mer;

13° De statuer sur toutes autres questions qui ne sont point soumises en ce moment à la délibération de l'assemblée générale du conseil d'État.

Art. 2. Les projets de décisions, d'arrêtés, et les questions spéciales sur lesquelles nos ministres jugeront convenable de consulter les comités du conseil d'État ne seront portés à l'assemblée générale qu'autant que nosdits ministres l'auront ainsi déterminé.

Art. 3. Les affaires comprises dans l'article 1er seront portées à l'assemblée générale, lorsque, en raison de leur importance ou de la gravité des questions, nos ministres, soit d'office, soit sur la demande du comité, en auront prononcé le renvoi à l'examen du conseil d'État.

Art. 4. Notre garde des sceaux, ministre secrétaire d'Etat au département de la justice et des cultes, est chargé de l'exécution de la présente ordonnance, qui sera insérée au Bulletin des lois.

Usine à fer de la Voulte.

Ordonnance du 30 *décembre* 1846, *portant que la compagnie des fonderies et forges de la* LOIRE *et de l'*ARDÈCHE *est autorisée à mettre en activité les deux nouveaux hauts-fourneaux qu'elle a ajoutés à son usine à fer de la* VOULTE (Ardèche).

(Extrait.)

Art. 2. La présente permission ne préjuge rien sur

la décision à intervenir au sujet de la demande en concession formée par la compagnie des forges et fonderies de la Loire et de l'Ardèche, et dont l'administration est en ce moment saisie, de mines de fer situées dans l'arrondissement de Privas.

Ordonnance du 30 *décembre* 1846, *portant que le sieur* Revol *est autorisé à établir, dans la commune du* Pouzin (Ardèche), *une usine à fer qui sera composée de deux hauts-fourneaux, de deux mazeries et de vingt-quatre fours à coke.*

Usine à fer, commune du Pouzins.

(Extrait.)

Art. 2. La présente autorisation ne préjuge rien sur la décision à intervenir au sujet de la demande en concession formée par le sieur Revol, et dont l'administration est en ce moment saisie, de mines de fer situées dans l'arrondissement de Privas.

CIRCULAIRES

Adressées à MM. les Préfets et à MM. les Ingénieurs des mines.

Paris, le 26 août 1846.

Plans et registres des travaux souterrains.

Monsieur le Préfet, par ma circulaire du 4 octobre dernier, j'ai entretenu MM. les préfets de la nécessité d'assurer sur chaque mine l'exécution des prescriptions des règlements, relatives à la tenue des plans et registres des travaux souterrains.

Je vous prie de me faire connaître les dispositions que vous avez prises à ce sujet, en ce qui concerne les exploitations de votre département.

Je ne puis, du reste, que me référer aux observations contenues dans la circulaire précitée, dont il importe de remplir l'objet. Je compte à cet égard sur vos soins et le zèle de MM. les ingénieurs et sur votre sollicitude.

Recevez, Monsieur le Préfet, l'assurance de ma considération la plus distinguée.

Le sous-secrétaire d'État des travaux publics,

Signé LEGRAND.

Paris, le 26 novembre 1846.

Envoi du règlement d'administration publique sur la police, la sûreté et l'exploitation des chemins de fer.

Monsieur le Préfet, j'ai l'honneur de vous adresser ci-jointe une expédition de l'ordonnance royale, en date du 15 de ce mois, portant règlement d'administration publique sur la police, la sûreté et l'exploitation des chemins de fer.

Ce règlement était depuis longtemps attendu, et l'admi-

nistration aurait désiré être en mesure de le publier plus tôt; mais la matière était neuve et difficile, et il était nécessaire de s'entourer de toutes les lumières et de recueillir tous les résultats de l'expérience, avant d'arrêter les dispositions qu'il s'agissait de rendre obligatoires pour les compagnies exploitantes.

Vous trouverez, Monsieur le Préfet, à la suite du règlement, la loi du 15 juillet 1845 sur la police des chemins de fer, et le rapport au roi, dans lequel sont exposés les motifs des dispositions que renferme ledit règlement; il a paru utile de réunir ces documents dans une seule et même publication.

Je vous prie, Monsieur le Préfet, de m'accuser réception de la présente.

Recevez, Monsieur le Préfet, l'assurance de ma considération la plus distinguée.

Le sous-secrétaire d'État des travaux publics,

Signé LEGRAND.

Paris, le 31 décembre 1846.

Instruction sur la mise à exécution du règlement relatif à la police, à la sûreté et à l'exploitation des chemins de fer.

Monsieur le Préfet, vous avez reçu, à la date du 26 novembre dernier, communication du règlement d'administration publique rendu pour la police, la sûreté et l'exploitation des chemins de fer, et déjà, par la seule lecture de ce règlement et du rapport au roi qui en expose les motifs, vous avez pu en apprécier l'esprit et les dispositions générales.

Il s'agit maintenant de mettre le règlement en action, et je viens vous adresser, à cet égard, monsieur le Préfet, des instructions auxquelles je vous serai obligé de vous conformer, le cas échéant, en ce qui concerne les chemins de fer qui, dans votre département, seraient livrés à la circulation.

En parcourant le règlement du 15 novembre dernier, vous aurez pu remarquer, monsieur le Préfet, que les clauses qu'il renferme sont de deux ordres distincts : les unes im-

posent aux compagnies exploitantes des obligations précises, définies, qui n'exigent par conséquent aucune explication spéciale, et dont l'inexécution peut être constatée par tous les fonctionnaires et agents désignés dans la loi du 15 juillet 1845; les autres se bornent à créer le principe de l'obligation, et réservent à l'administration supérieure le soin d'en déterminer la nature, l'étendue et les limites; ce n'est que lorsque l'administration a statué qu'il y a contravention de la part de ceux, quels qu'ils soient, qui n'obéissent pas à sa décision.

A l'égard des premières dispositions, il n'est pas nécessaire que je les mentionne ici, et, sans en rappeler le texte, qui n'a pas besoin de commentaire, je me borne à vous inviter à veiller avec soin à ce qu'elles soient toujours et partout régulièrement exécutées, et à ce que les infractions qui y seraient commises soient immédiatement poursuivies et réprimées.

Quant aux dernières, elles ne peuvent être réglées qu'après une instruction dans laquelle doivent être nécessairement consultés les uns ou les autres des fonctionnaires attachés à la surveillance du chemin de fer, et je viens en conséquence vous indiquer auquel de ces fonctionnaires vous aurez, monsieur le Préfet, à vous adresser dans tel ou tel cas prévu par le règlement.

Mais d'abord et avant tout je dois appeler votre attention sur un article du règlement qui concerne spécialement l'action préfectorale. Cet article est ainsi conçu :

« Lorsqu'un chemin traverse plusieurs départements, » les attributions conférées aux préfets par le présent » règlement pourront être centralisées en tout ou en » partie dans les mains de l'un des préfets des départe- » ments traversés. »

Le conseil d'État a jugé avec moi que cette mesure était indispensable. Il existe en effet dans le service de la surveillance de l'exploitation des chemins de fer des parties qui ne peuvent être morcelées suivant les limites des départements traversés, et qui doivent être remises dans les mains d'un seul administrateur. Le matériel d'un chemin de fer, par exemple, les machines locomotives, les voitures de toutes classes pour les voyageurs, les wagons pour les marchandises, ne peuvent être évidemment reçus et surveillés par tous les préfets des départements traversés. C'est à un seul d'entre eux, soit au

préfet du lieu de départ, soit à celui du siége des principaux établissements de la compagnie, que doit être remis le soin d'en faire vérifier la bonne construction et le bon état, et de délivrer ou de retirer les permis de circulation.

Lorsqu'il s'agit de vérifier si les taxes de toute nature sont assises dans les limites posées par le cahier des charges, il est également nécessaire qu'un seul préfet, sous l'autorité du ministre, et avec l'assistance du commissaire royal, ait la mission de contrôler les chiffres et les calculs de la compagnie. Tout autre mode de procéder entraînerait des retards qui n'auraient aucun objet utile, et qui seraient d'autant plus fâcheux qu'il importe de répondre sous un court délai aux communications et aux demandes que les compagnies adressent à ce sujet à l'administration. Les résultats de la vérification confiée au préfet centralisateur seront ensuite soumis à l'examen du ministre, qui prendra sa décision, et qui la notifiera à tous les préfets des départements traversés, pour que chacun d'eux puisse ensuite, par un arrêté spécial, les porter à la connaissance du public dans l'étendue de son département.

Les ordres de service, le nombre des convois journaliers, les intervalles qui doivent séparer leurs départs successifs, les décisions relatives à la vitesse dont ils doivent être animés, aux précautions à prendre au passage des souterrains et des plans inclinés, à l'expédition et à la marche des convois extraordinaires, aux signaux de toute nature propres à prévenir les rencontres et les collisions, et, en général, toutes les mesures qui concernent l'ensemble de l'exploitation, ne peuvent être préparées et provoquées utilement que par l'administrateur qui embrassera dans sa surveillance l'ensemble du chemin. Mais une fois que les décisions ministérielles seront intervenues sur ces différents points, il appartiendra à tous les préfets de veiller à leur exécution et de faire constater et poursuivre les contraventions qui pourraient y être commises.

Lorsqu'un convoi est en marche et qu'il éprouve un retard de quelque importance, ou qu'un accident arrive, il appartient sans doute à tous les préfets de la ligne de constater ce retard ou cet accident, de le signaler à l'autorité supérieure, et de pourvoir immédiatement aux mesures que peut exiger la sûreté du public;

soit des ingénieurs des mines, qui seront commis par l'administration supérieure.

Ces prémisses posées, je passe aux attributions des personnes diverses que le règlement appelle à concourir, dans l'intérêt public, à la surveillance des chemins de fer et de leur exploitation. Ces personnes sont les commissaires royaux, les ingénieurs des ponts-et-chaussées, les ingénieurs des mines, les commissaires de police et les agents de surveillance.

La surveillance que l'administration doit exercer dans l'intérêt public comprend tout à la fois la partie *économique* et la partie technique de l'exploitation : la première est confiée aux commissaires royaux ; la seconde aux ingénieurs des ponts-et-chaussées et aux ingénieurs des mines, et celle-ci se divise encore en deux fractions, l'une concernant la voie du chemin proprement dite et ses dépendances de toute nature, l'autre le matériel roulant et ses accessoires obligés.

Enfin, dans le cas où il ne s'agit que des mesures d'ordre et de police extérieure, c'est aux commissaires de police qu'il appartiendra de les étudier et de les proposer, par exemple, celles qui concernent l'entrée, le stationnement et la circulation des voitures publiques ou particulières dans les cours dépendant des stations des chemins de fer (article 1er du règlement), et celles qui auront pour objet de régler les passages à niveau qui devront être éclairés pendant la nuit (article 6).

Quant aux mesures relatives à la partie économique de l'exploitation, et pour lesquelles, à ce titre, il y aura lieu de prendre l'avis des commissaires royaux, je dois citer en première ligne celle qui est réglée par l'article 17, et d'après laquelle tout convoi ordinaire de voyageurs doit contenir, en nombre suffisant, des voitures de chaque classe, à moins d'une autorisation spéciale du ministre des travaux publics. Je n'ai pas besoin de faire remarquer avec quel soin les demandes que les compagnies présenteront à cet égard devront être examinées. Il s'agit, dans les questions de cette nature, de déroger à une règle générale posée par le cahier des charges. Cette dérogation est prévue, il est vrai; mais évidemment elle ne peut être admise que sous la condition expresse que les intérêts du public n'auront point à en souffrir, et que même, à certains égards, ils pourront en tirer quelque profit. MM. les

je vous serai donc obligé de m'envoyer vos observations, avec l'avis du commissaire royal, le plus promptement possible.

Après avoir indiqué les cas dans lesquels les commissaires royaux doivent être spécialement consultés, j'arrive aux dispositions concernant la partie technique de l'exploitation, et dont l'examen appartient naturellement soit aux ingénieurs des ponts-et-chaussées, soit aux ingénieurs des mines : aux premiers d'ailleurs, ainsi que je l'ai dit, est attribuée spécialement la surveillance de la voie ; aux seconds, la surveillance du matériel roulant.

L'on voit déjà, d'après cette simple définition, que les ingénieurs des ponts-et-chaussées doivent être seuls consultés en ce qui touche l'exécution de l'article 2 du règlement relatif à l'entretien de la voie. C'est à eux que devront être communiquées les indications fournies par les compagnies, et c'est leur avis qui devra servir de base à la décision que le ministre aurait à prendre conformément au dernier paragraphe dudit article 2.

Il n'est pas moins évident que, pour tout ce qui concerne les dispositions du titre II relatives au matériel employé à l'exploitation sur lesquelles il y a lieu à consultation, c'est l'avis des ingénieurs des mines que vous aurez à prendre, sauf toutefois en ce qui touche la réception des voitures des voyageurs, qui est confiée, par l'article 13 du titre II, à une commission spéciale dont il vous appartient de désigner les membres.

Sur tout le reste, c'est-à-dire la réception des machines locomotives, la vérification de leurs organes et les mesures propres à maintenir tout le matériel roulant en bon état d'entretien, c'est l'ingénieur des mines qui doit être nécessairement consulté.

C'est encore à l'ingénieur des mines qu'il appartient d'exprimer un avis sur la plupart des mesures relatives à la composition des convois ;

Sur le nombre de conducteurs garde-freins dont les convois de voyageurs doivent être accompagnés ;

Sur le nombre maximum de voitures dont les convois seront composés quand elles sont à six roues ;

Sur les mesures spéciales et les conditions de sûreté à prescrire pour les convois portant à la fois des voyageurs et des marchandises (article 18) ;

Sur la détermination des cas pour lesquels l'emploi d'une machine de renfort sera toléré (article 20) ;

Sur le mode d'attache des voitures et les conditions sous lesquelles peut être autorisée l'introduction des messageries dans les trains (article 22);

Sur les moyens propres à établir une communication entre le mécanicien et les conducteurs garde-freins (article 23);

Et enfin sur les dispositions à prescrire pour l'éclairage des voitures (article 24).

Il ne peut s'élever sur tous ces points aucune difficulté, et j'ai dû, en conséquence, monsieur le Préfet, me borner, en ce qui les concerne, à une simple récapitulation.

Mais il est un assez grand nombre de dispositions qui affectent à la fois et la voie de fer et les trains en marche, et pour lesquelles, dès lors, il ne paraît pas y avoir de raison décisive de consulter exclusivement soit les ingénieurs des ponts-et-chaussées, soit les ingénieurs des mines. Ainsi le nombre des gardiens à placer près des aiguilles des croisements et changements de voie (article 3);

Le mode, la garde et les conditions de service des barrières des passages à niveau (article 4);

La pose de contre-rails dont l'établissement pourrait être ultérieurement jugé nécessaire dans l'intérêt de la sûreté publique (article 5) : tous ces objets ont des relations nécessaires et avec l'état de la voie et avec la circulation des trains; il y a donc lieu de prendre à la fois l'avis et des ingénieurs chargés de la surveillance de la voie et des ingénieurs chargés de la surveillance du matériel. Je vous prie, monsieur le Préfet, le cas échéant, de ne pas négliger cette double formalité; vous voudrez bien d'ailleurs, dans chaque cas, examiner s'il convient d'inviter MM. les ingénieurs des deux services à se réunir pour discuter de concert les questions à résoudre, ou s'il est préférable de leur demander des avis séparés.

Les observations qui précèdent s'appliquent également à une partie des mesures relatives au départ, à la circulation et à l'arrivée des trains; les mesures de précaution à imposer dans ce cas aux compagnies exploitantes; le sens du mouvement des trains sur chaque voie, quand il y en a plusieurs, ou les points de croisement quand il n'y en a qu'une (article 25); les signaux de toute nature à placer sur la voie pour donner aux conducteurs des trains

en marche les avertissements nécessaires, doivent être à la fois en rapport avec l'état de la voie, les courbes, les pentes dont elle est affectée, et avec l'état du matériel, la disposition des convois, etc. Là donc encore il est indispensable de consulter à la fois les ingénieurs des ponts-et-chaussées et les ingénieurs des mines.

Pour ne laisser d'ailleurs aucune incertitude à cet égard dans votre esprit, je ne crois pas inutile de mentionner explicitement chacune des dispositions pour lesquelles cette double consultation sera nécessaire. J'ai déjà cité l'article 25 relatif au sens du mouvement des convois sur les voies du chemin de fer, j'ajouterai :

Le placement des signaux, soit à l'entrée des stations, soit à divers intervalles le long de la voie, pour indiquer si la route est ouverte ou fermée (3ᵉ et 4ᵉ paragraphes de l'article 27) ;

La détermination des mesures de précaution pour le parcours des plans inclinés et des souterrains, et de la vitesse maximum des convois de voyageurs sur les divers points du parcours, ainsi que de la durée du trajet (article 29) ;

La fixation du nombre d'agents à placer le long de la ligne pour la surveillance ou l'entretien de la voie, et des signaux dont ces agents doivent être munis (article 31).

Et les signaux à placer sur la voie (article 33), pour indiquer l'approche des ateliers de réparations.

Les ingénieurs des mines seront d'ailleurs seuls consultés :

Sur la fixation de l'intervalle qui devra toujours exister entre deux départs successifs de convois, soit de l'une ou de l'autre des extrémités du chemin, soit des stations intermédiaires (§ 2 de l'article 27) ;

Sur les mesures spéciales de précaution à prendre pour l'expédition et la marche des convois extraordinaires (article 30) ;

Sur la désignation des points de chaque ligne où les machines de secours ou de réserve doivent être placées (article 40) ;

Et sur la désignation des stations où devront être tenus des registres mentionnant les retards des convois (article 42) ;

Je crois inutile, monsieur le Préfet, d'insister auprès de vous sur l'importance des diverses mesures qui pré-

gnies sont tenues de fournir des locaux convenables pour les commissaires spéciaux de police et les agents de surveillance. Il est évident que l'emplacement de ces locaux doit être choisi de manière qu'il soit possible aux commissaires spéciaux et aux agents sous leurs ordres d'accomplir toutes les obligations de service qui leur sont imposées. J'appelle, sur ce point, monsieur le Préfet, votre attention spéciale, et je vous prie de veiller avec soin à ce que la condition ci-dessus indiquée soit toujours exactement remplie.

D'après l'article 60, les compagnies doivent soumettre à l'approbation du ministre des travaux publics leurs règlements de service et d'exploitation. Les dispositions de ces règlements pouvant se rapporter à des objets placés dans les attributions des divers ordres d'agents préposés à la surveillance de l'exploitation, vous devrez, avant de les envoyer au ministre, prendre préalablement l'avis de ceux de ces agents qu'ils concerneront spécialement.

L'article 62, en permettant aux maires et adjoints, aux commissaires de police, aux officiers de gendarmerie, gendarmes, etc., de pénétrer, dans certains cas, dans l'enceinte du chemin de fer, d'y circuler ou stationner, les oblige à se conformer aux mesures spéciales de précaution qui seront déterminées par le ministre, les compagnies entendues. Ces mesures doivent être évidemment concertées entre les ingénieurs des ponts-et-chaussées et les ingénieurs des mines, et leurs propositions, après avoir été communiquées aux compagnies pour avoir leurs observations, seront transmises ensuite, avec votre avis, à l'administration supérieure, qui statuera.

D'après l'article 63, paragraphe 5, il est défendu de fumer dans les voitures ou sur les voitures et dans les gares; mais toutefois, à la demande des compagnies et moyennant des mesures spéciales de précaution, des dérogations à cette disposition pourront être autorisées : les mesures spéciales de précaution dont il s'agit dans le paragraphe ci-dessus consisteront presque toujours dans l'emploi de voitures spéciales convenablement disposées. L'examen de ces voitures, comme de toutes les autres voitures destinées à circuler sur le chemin de fer, appartient nécessairement à la commission mentionnée en l'article 13 du règlement, et dont j'ai parlé plus haut; ce n'est donc qu'après avoir reçu l'avis de cette

commission que l'administration pourra statuer sur l'autorisation qui lui serait demandée par les compagnies.

D'après l'article 75, les compagnies doivent entretenir aux stations désignées par le ministre les médicaments et moyens de secours nécessaires en cas d'accident. Déjà cette mesure est appliquée dans quelques localités; elle devra être étendue à toutes les stations de quelque importance : elle sera plus nécessaire encore pour celles qui se trouvent éloignées de tout centre de population agglomérée. La désignation de ces stations devra se faire sur l'avis du commissaire de police de la circonscription; et quant aux moyens de secours et médicaments nécessaires, je vous adresserai ultérieurement à cet égard des instructions spéciales.

L'article 73 porte que tout agent employé sur les chemins de fer sera revêtu d'un uniforme ou porteur d'un signe distinctif; cette disposition pouvant laisser quelque incertitude sur l'étendue de l'obligation qu'il impose, je crois devoir expliquer dès à présent que l'administration n'a entendu parler dans cet article que des agents de la compagnie qui, à un titre quelconque, peuvent se trouver de près ou de loin en contact avec le public.

Dans cette première circulaire, je n'ai pas eu la prétention de traiter toutes les questions dont nous aurons à nous occuper. J'ai voulu d'abord vous fixer vous-même, monsieur le Préfet, sur la nature de vos attributions et sur celle de vos rapports avec les diverses personnes qui sont appelées à seconder l'administration dans la surveillance de l'exploitation des chemins de fer. Cette première instruction sera nécessairement suivie de plusieurs autres, qui vous seront successivement adressées au fur et à mesure que l'expérience viendra nous éclairer. Nous marchons tous, administration et compagnies, dans une carrière nouvelle. Nous sommes obligés de procéder par essais et par tâtonnements, disposés tous à nous reformer dès que nous reconnaîtrons qu'il y a autre chose ou mieux à faire que ce que nous aurons arrêté dès le principe. Je vous invite donc à recueillir et à examiner tous les faits qui vous paraîtront de quelque importance. Je recevrai avec reconnaissance les observations que vous jugerez utile ou convenable de me communiquer, et vous me trouverez d'ailleurs toujours très-empressé de répondre aux questions que vous m'adresserez, et de résoudre vos

doutes, autant que me le permetra l'appréciation des faits que vous aurez signalés à mon attention.

Je vous prie, monsieur le Préfet, de vouloir bien m'accuser réception de la présente circulaire.

Recevez, monsieur le Préfet, l'assurance de ma considération la plus distinguée.

Le Ministre Secrétaire d'État des travaux publics,

S. DUMON.

PERSONNEL.

Par ordonnance du roi, du 8 *octobre* 1846, — MM. Ville, Gentil et Hulot-d'Osery, aspirants-ingénieurs des mines, sont nommés ingénieurs ordinaires de seconde classe.

Par arrêté de M. le ministre des travaux publics, du 19 *novembre* 1846, — les attributions conférées à MM. les ingénieurs des mines par l'ordonnance royale du 15 novembre 1846, portant règlement sur la police des chemins de fer, seront exercées comme il suit :

Pour les chemins de Saint-Etienne à Lyon, de Saint-Etienne à Andrezieux, d'Andrezieux à Roanne et de Montbrison à Montrond, par M. l'ingénieur en chef de l'arrondissement minéralogique de Saint-Etienne, assisté des ingénieurs ordinaires des mines chargés des sous-arrondissements de Saint-Etienne et de Lyon. L'ingénieur de ce dernier sous-arrondissement sera chargé exclusivement du chemin de fer de Saint-Etienne à Lyon.

Pour les chemins d'Alais à Beaucaire, de Nîmes à Montpellier, de Montpellier à Cette et d'Alais à la Grand'-Combe, par M. Aurès, ingénieur en chef des ponts-et-chaussées. Il aura sous ses ordres M. l'ingénieur des mines chargé du sous-arrondissement de Montpellier.

Pour les chemins de Paris à Saint-Germain, de Paris à Versailles, rive droite et rive gauche, de Paris à Sceaux, de Paris à Orléans, et, à titre provisoire, pour le chemin de Paris à Rouen, par M. Bineau, ingénieur en chef des mines, assisté de M. Boulanger, ingénieur ordinaire de première classe.

Pour le chemin de fer de Paris à la frontière de Belgique, par Lille et Valenciennes, par M. Bineau, ingénieur en chef, assisté de M. Piérard, ingénieur ordinaire de deuxième classe.

Pour le chemin de fer d'Orléans à Tours, par M. Fonlon, ingénieur en chef des ponts-et-chaussées, assisté de M. l'ingénieur ordinaire des mines chargé du sous-arrondissement minéralogique de Tours.

Pour les chemins d'Abscon à Anzin, par M. Blavier,

ingénieur en chef de l'arrondissement minéralogique de Douai, assisté de M. l'ingénieur ordinaire des mines chargé du sous-arrondissement de Valenciennes.

Pour le chemin de fer de Bordeaux à la Teste, par M. l'ingénieur en chef de l'arrondissement minéralogique de Bordeaux.

Pour les chemins de Strasbourg à Bâle et de Mulhouse à Thann, par M. l'ingénieur en chef de l'arrondissement minéralogique de Strasbourg, assisté de l'ingénieur ordinaire des mines chargé du sous-arrondissement de Colmar.

Par décision de M. le sous-secrétaire d'État des travaux publics, du 25 *juillet* 1846, — un congé illimité est accordé à M. Audibert, ingénieur du sous-arrondissement de Nantes, qui passe au service de la compagnie du chemin de fer de Lyon à Avignon.

Par décision de M. le sous-secrétaire d'État, du 25 *juillet* 1846, — M. de Chancourtois, aspirant-ingénieur des mines, remplissant les fonctions d'ingénieur ordinaire dans le sous-arrondissement d'Orléans, est chargé provisoirement de faire en même temps le service du sous-arrondissement de Nantes.

Par décision de M. le sous-secrétaire d'État, du 11 *août* 1846, — le sieur Barnier, élève sortant de l'Ecole des mineurs de Saint-Etienne, est nommé au second emploi de garde-mines répétiteur, créé à l'Ecole des maîtres ouvriers mineurs d'Alais par l'arrêté du ministre, du 9 juin précédent; — il est placé, en outre, sous les ordres de MM. les ingénieurs des mines du département du Gard, pour le service du laboratoire d'Alais.

Par décision de M. le sous-secrétaire d'État, du 31 *octobre* 1845, — MM. Moutard, Sens, Meniolle de Cizancourt, Flajolot, Jutier et Hanet-Cléry, élèves sortants de l'Ecole polytechnique, sont admis à l'École royale des mines.

Par décision de M. le sous-secrétaire d'État, du 30 *décembre* 1846, — M. de Boucheporn, ingénieur ordinaire du sous-arrondissement de Toulouse, cesse d'être chargé de l'intérim du sous-arrondissement d'Alais; — M. Trautmann, élève-ingénieur à Carcassonne, est appelé à faire provisoirement le service du sous-arrondissement d'Alais; — les deux départements de l'Aude et des Pyrénées-

Orientales, qui composent le sous-arrondissement de Carcassonne, sont confiés temporairement, le premier, à M. Dupont, ingénieur ordinaire du sous-arrondissement de Montpellier; et le second, à M. de Boucheporn, ingénieur ordinaire du sous-arrondissement de Toulouse.

Arrêté de M. le ministre de la guerre, du 21 octobre 1846, portant fixation des traitements, frais de tournées, etc., attribués aux inspecteurs généraux, aux ingénieurs des mines, aux gardes-mines et aux manipulateurs de chimie employés ou en mission en Algérie.

Le pair de France, ministre secrétaire d'État de la guerre,

Vu le décret du 18 novembre 1810, portant organisation du corps des ingenieurs des mines;

Vu l'ordonnance royale du 22 décembre 1836, portant création de deux emplois d'inspecteur général adjoint dans le corps royal des mines, et fixant le traitement de ces inspecteurs ainsi que celui des inspecteurs généraux de 2e classe;

Vu la loi de finances, du 10 août 1839, et l'arrêté du ministre des travaux publics, du 18 février 1840, concernant l'institution des gardes-mines et réglant leurs traitements;

Vu l'ordonnance royale du 15 avril 1845, portant organisation de l'administration générale et des provinces en Algérie;

Vu l'ordonnance royale en date du même jour, sur le personnel des services administratifs en Algérie;

Arrête :

Art. 1er. Les traitements et accessoires de traitements des inspecteurs, des ingénieurs des mines, des gardes-mines et des manipulateurs de chimie, employés ou en mission en Algérie, sont fixés conformément au tableau annexé au présent arrêté.

Art. 2. Sont et demeurent abrogées toutes dispositions contraires à celle du présent arrêté, qui recevra son exécution à partir du 1er novembre prochain.

Art. 3 M. le gouverneur général de l'Algérie est chargé de l'exécution du présent arrêté.

Paris, le 31 octobre 1846.

Signé A. DE SAINT-YON.

MINISTÈRE DE LA GUERRE.

—

TABLEAU indiquant les traitements et accessoires de traitements attribués aux inspecteurs et ingénieurs des mines, aux gardes-mines et aux manipulateurs attachés aux laboratoires de chimie en Algérie, annexé à l'arrêté ministériel du 31 octobre 1846.

GRADES.		Traitement en France.	Supplément colonial.	Frais de tournées.	Frais de loyer et d'installation de bureau.	Total par an.	Observations.
		par mois.		par mois.			
Inspecteurs généraux. . .	de 1re cl.	1.000	»	1.500	»	»	(1)
	de 2e . . .	750	»				
	adjoints. .	666,66	»				
		par an.		par an.			
Ingénieurs en chef.	de 1re cl.	5.000	1.665	5.500	3.000	15.165	
	de 2e . . .	4.500	1.500			14.500	
Ingénieurs ordin. f. fonct. d'ingénieurs en chef. . .	de 1re cl.	3.000	1.000	5.000	3.000	12.000	
	de 2e . . .	2.500	833			11.333	
Ingén. chefs d'arrondissement. . Ingén. ordin.	de 1re cl.	3.000	1.000	3.500	1.500	9.000	
	de 2e . . .	2.500	833			8.333	
. . . .	aspirants.	1.800	600	3.000	1.500	6.900	
. . . .	élèves. . .	1.800					
En sous-ordre.	aspirants.	1.800	600	2.100	»	4.500	
	élèves. . .	1.800 (2)					
Gardes-mines.	de 1re cl.	1.800	600	300	»	2.700	
	de 2e . . .	1.500	500			2.300	
	de 3e . . .	1.200	400			1.900	
Manipulateurs de chimie.	de 1re cl.	»	»	»	»	3.000	
	de 2e. . .	»	»	»	»	2.500	
	de 3e. . .	»	»	»	»	2.000	

(1) Les tournées des inspecteurs ne dureront jamais plus de quatre mois.
(2) Traitement de campagne en France.

Paris, le 31 octobre 1846.

Le pair de France, ministre secrétaire d'État de la guerre,

Signé A. DE SAINT-YON.

TABLE DES MATIÈRES

CONTENUES DANS LE TOME X.

GÉOLOGIE ET MINÉRALOGIE.

Pag.

Mémoire sur la distribution de l'or dans la plaine du Rhin et sur l'extraction de ce métal; par M. *Daubrée*, ingénieur des mines. 3

Recherches sur la formation du minerai de fer des marais et des lacs; par M. *Daubrée*, ingénieur des mines. 57

Description géologique de l'île de Milo (archipel grec); par M. *Sauvage*, ingénieur des mines. . . 69

Observations sur la géologie d'une partie de la Grèce continentale et de l'île d'Eubée; par M. *Sauvage*, ingénieur des mines.. 101

Nouvelles analyses de la heulandite; par M. *Damour*. 207

Sur la villemite; par MM. *Delesse* et *Descloizeaux*. 211

Sur la villemite (rectification importante) . . . 554

Examen de quelques minéraux : hydrocarbonate de zinc, de cuivre et de chaux, aurichalcite et damourite; par M. *Delesse*, ingénieur des mines. . 215

Sur la sismondine; par M. *Delesse*, ingénieur des mines. 232

CHIMIE.

Résultats principaux des expériences faites dans les laboratoires des départements (Alais, Saint-Etienne, Dijon, Angers, Carcassonne et Mézières) pendant l'année 1845. 657

MÉTALLURGIE ET MINÉRALURGIE.

Pag.

Notes sur les mines et fonderies du midi de l'Espagne (suite); par M. *Pernollet*. 253

Mémoire sur la houillère, les mines et l'usine à zinc de Stolberg (Prusse rhénane); par M. *E. Rivot*, aspirant-ingénieur des mines 469

Notice sur la fabrication du cuivre, à Szaszka, dans le Banat; par M. *de Chancourtois*, élève-ingénieur des mines. 555

Notice sur le traitement des minerais de cuivre et d'argent, et sur la séparation, par amalgamation, de l'argent contenu dans le cuivre noir, à Tsiklova, dans le Banat; par M. *de Chancourtois*, élève-ingénieur des mines. 577

MÉCANIQUE. — EXPLOITATION.

Rapport sur les écrasements des tubes calorifères dans les chaudières cylindriques à haute pression; par M. *Manès*, ingénieur en chef des mines. . . 157

Rapport sur l'explosion d'une chaudière à vapeur aux mines de la Taupe (bassin houiller de Brassac), le 14 mai 1846; par M. *Jusseraud*, garde-mines.. 188

Rapport sur l'explosion d'une chaudière placée à bord d'un bateau dragueur sur le Rhône, à Lyon; par M. *Pigeon*, ingénieur des mines. 199

Mémoire sur la préparation mécanique des minerais dans le district de Schemnitz (Basse-Hongrie); par M. *H. Pache*. 595

OBJETS DIVERS.

Notice nécrologique sur M. *Voltz*, inspecteur général des mines; par M. *Garnier*, inspecteur général des mines. 237

Notice nécrologique sur M. Brochant de Villiers, inspecteur général des mines, membre de l'Académie des sciences; par M. *Migneron*, inspecteur général des mines. 707

ADMINISTRATION.

Pag.

Jurisprudence des mines; par M. *de Cheppe*, maître des requêtes, chef de la division des mines. . . 755

Ordonnances du roi et décisions diverses concernant les mines, usines et chemins de fer, rendues pendant le deuxième semestre de 1846. 791

Circulaires et instructions diverses adressées à MM. les préfets et à MM. les ingénieurs des mines. 870

Décisions sur le personnel des mines. 884

Arrêté de M. le ministre de la guerre, du 21 octobre 1846, portant fixation des traitements, frais de tournées, etc., attribués aux inspecteurs généraux, ingénieurs des mines, gardes-mines et manipulateurs de chimie, employés ou en mission en Algérie. 887

Table des matières contenues dans le tome X. . . 889

Explication des planches contenues dans le tome X. 892

Annonces d'ouvrages nouveaux concernant les mines et les usines, publiés en France et à l'étranger pendant le deuxième semestre de 1846 . . . . *j-xiv*

PLANCHES JOINTES AU TOME X.

Pag.

Pl. I. Distribution de l'or dans la plaine du Rhin. 3

Fig. 1. Plan et coupe de l'augette employée pour les essais en petit du gravier du Rhin. 9
Fig. 2. Coupe de la table sur laquelle l'orpailleur fait son premier lavage. 10
Fig. 3. Coupe du sass ou schiff sur lequel se fait le deuxième lavage du sable aurifère. 11
Fig. 4. Coupe d'un banc de gravier terminé par un atterrissement dû à un remaniement local. 14
Fig. 5. Exemple de la distribution de l'or dans un banc de gravier. . . . . 13 et 18

Formation du minerai de fer des marais et des lacs. . . 37

Fig. 6. Coupe d'un des types des vallées où il se précipite habituellement de l'oxyde de fer, dans la Lorraine allemande. . . 56
Fig. 7. Limon ou sable ocreux partiellement décoloré par des racines de plantes en décomposition. 58
Fig. 8 et 9. Coupes longitudinale et transversale d'une racine qui a décoloré l'argile avoisinante. 59

Pl. II. Description géologique de l'île de Milo. . . . 69

Fig. 1. Carte géologique de l'île de Milo. 85
Fig. 2. Profil des terrains entre le débarcadère et le cap Rheuma. 89
Fig. 3. Profil des terrains entre le ravin des meulières et le mont Kalamo, suivant une ligne O. 20° N.—E. 20° S. 90
Fig. 4. Profil des terrains au N.-O. du mont Kalamo. 90
Fig. 5. Vue du mont Kalamo. 92
Fig. 6. Profil des terrains suivant une ligne N.O.—S.E. passant par Kastron. 94
Fig. 7. Vue de la butte trachytique du Kastron. 94

Pl. III. Description géologique d'une partie de la Grèce continentale et de l'île d'Eubée. 101

Fig. 1. Carte géologique d'une partie de la Grèce continentale et de l'île d'Eubée. 101
Fig. 2. Coupe du lignite de Marko-Poulo 113
Fig. 3. Coupe du terrain de Koumi. 144

Pl. IV. De l'écrasement des tubes calorifères dans les chaudières cylindriques à haute pression. 157

Fig. 1 à 4. Chaudière verticale du système Fol établie à l'hospice Saint-André, à Bordeaux. 158
Fig. 5 et 6. Chaudière verticale du système Fol établie à bord du bateau à vapeur *le Corsaire noir*. 161

Pag.

Fig. 7 à 9. Chaudière tubulaire placée à bord du bateau à vapeur *l'Éclair*, n° 1. 163
Fig. 10 et 11. Chaudière tubulaire placée à bord des bateaux à vapeur *les Éclairs*, nos 2 et 3. 163
Fig. 12 et 13. Chaudière tubulaire placée à bord des bateaux à vapeur *les Garonnes*, nos 1 et 2. 163
Fig. 14 et 15. Chaudière tubulaire placée à bord des bateaux à vapeur *la Garonne* n° 3 et *la Clémence Isaure*, ... 163

Pl. V. Explosions de chaudières à vapeur.

Fig. 1 à 11. *Explosion d'une chaudière à vapeur aux mines de La Taupe (bassin houiller de Brassac)*. 188
Fig. 1. Plan des environs de la machine de La Taupe. 189
Fig. 2. Profil du terrain parcouru par les fragments représentés fig. 5 à 11. 192
Fig. 3. Élévation du bâtiment avant l'explosion. 191
Fig. 4. Élévation du bâtiment après l'explosion. 191
Fig. 5 à 11. Projection horizontale des fragments de la chaudière. 191
Fig. 12 à 15. *Explosion d'une chaudière à vapeur placée sur un bateau dragueur de Lyon (Rhône)*. 199

Pl. VI. Exploitation des mines du midi de l'Espagne. 253

Fig. 1. Lampe de mineur. 324
Fig. 2. Capace chargée, pour le transport à dos. 332
Fig. 3 et 4. Treuil à manivelles pour l'extraction. 344
Fig. 5 et 6. Modes de suspension des capaces. 346
Fig. 7. Câble sans fin, en spart, pour l'extraction. 358

Description des mines de Poullaouen (Finistère). 384

Fig. 8 et 9. Plan et profil de la mine de Huelgoat 409
Fig. 10. Diagramme du plan du filon principal de Huelgoat. . 411
Fig. 11. Coupes verticales du filon principal de Huelgoat . . . 411
Fig. 12. Diagramme de l'étendue superficielle du minerai de plomb et du minerai d'argent à différents niveaux, dans la mine de Huelgoat. 420

Pl. VII. Description des mines de Poullaouen (Suite). 384

Fig. 1 à 5. Système d'exploitation de bas en haut, basé sur l'emploi des arceaux maçonnés. 370
Fig. 6 et 7. Plan et profil de la mine de Poullaouen. 432
Fig. 8. Diagramme de l'ensemble des trois filons composant le groupe de Poullaouen 435
Fig. 9 et 10. Plan et profil du filon de Saint-Charles appartenant au groupe des trois filons de Poullaouen. 436
Fig. 11. Coupes verticales du filon principal de Poullaouen. 445
Fig. 12. Pendage comparé des trois filons du groupe de Poullaouen 445
Fig. 13. Echelle de l'étendue superficielle du minerai aux différents niveaux de la mine de Poullaouen. 450
Fig. 14 et 15. Plan et profil du filon de Plusquellec 459
Fig. 16 et 17. Plan et profil du filon de Carnoët 460

Pl. VIII. Exploitation de la houille à Stolberg, près Aix-la-Chapelle. 471

Fig. 1. Plan du bassin houiller de Stolberg. 472

Pag.

Pl. XIV.

Fig. 1 et 2. Trommel à claire-voie. 639
Fig. 3, 4 et 5. Trommel à débourber de M. Rittinger. 640
Fig. 6 et 7. Tamis à secousse. 643

Pl. XV.

Fig. 1 à 4. Atelier de préparation mécanique d'Illya 644
Fig. 5 à 8. Détails d'un wagon se déchargeant par le fond. 655
Fig. 9 à 11. Détails d'un wagon à bascule. 656
Fig. 12 à 15. Détails d'un chemin de fer de mine. 656

FIN DU TOME X.

PARIS. — IMPRIMERIE DE FAIN ET THUNOT,
rue Racine, 28, près de l'Odéon.



BOOK CARD

AUTHOR

TITLE Annales des mines

22641

SIGNATURE	ISS'D	RET'D

